



ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK

HYBRID PLTMH-PV DESA TERPENCIL

(Studi Kasus: Desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro



Oleh :

DEVINA LORENZA
11355203637

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2020

© Hak cipta milik UIN S

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID
PLTMH-PV DESA TERPENCIL**

(Studi Kasus: Desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar)

TUGAS AKHIR

Oleh:

DEVINA LORENZA
11355203637

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di
Pekanbaru, pada tanggal 29 Juli 2020.

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing Tugas Akhir

Aulia Ullah, S.T., M.Eng.
NIP. 130512087



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID
PLTMH-PV DESA TERPENCIL
(Studi Kasus: Desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar)**

TUGAS AKHIR

Oleh:

DEVINA LORENZA
11355203637

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 29 Juli 2020.

Pekanbaru, 29 Juli 2020

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.
NIP. 19660604 199203 1 004

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Dr. Harris Simare-mare, ST.MT
Pembimbing : Aulia Ullah, S.T., M.Eng.
Penguji I : Susi Afriani, S.T., M.T.
Penguji II : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 26 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

DEVINA LORENZA

NIM. 11355203637

UIN SUSKA RIAU



LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah, Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allâh *Subhânahu Wa Ta'âlâ*, Dzat yang tidak serupa dengan makhluk-Nya dan tidak ada satu makhluk pun yang menyerupai-Nya. Shalawat dan Salam semoga senantiasa tercurah kepada penutup para nabi, yaitu Nabî Agung Muhammad *Shallallâhu 'Alaihi Wasallam*, para keluarganya yang muslim, segenap sahabatnya serta para pengikutnya sampai hari kiamat kelak.

Karya ilmiah ini penulis persembahkan kepada:

Keluarga Penulis

Yaitu Ayahanda, Ibunda, Kakak, Abang dan lain-lain yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung penyelesaian studi dan penulisan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menamatkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau ini tepat waktu.

Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah membimbing penulisan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya tepat waktu. Kepada dosen penguji, penulis juga mengucapkan terima kasih telah memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penulisan Tugas Akhir ini.

Seluruh Dosen Pengajar di Program Studi Teknik Elektro

Terima kasih juga penulis ucapkan kepada seluruh dosen pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah mendidik penulis dan mengajarkan kepada penulis ilmu-ilmu yang bermanfaat terkait teknik elektro.

**“Menuntut ilmu agama (yang pokok) hukumnya wajib
atas setiap muslim (laki-laki dan perempuan)”**

(H.R. al-Baihaqî)



ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK

HYBRID

PLTMH-PV DESADERAS TAJAK, KAMPAR KIRI HULU, KABUPATEN KAMPAR

DEVINA LORENZA

NIM: 11355203637

Tanggal Sidang: 29 Juli 2020

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif
Kasim Riau Jl. Soebrantas No. 155
Pekanbaru

ABSTRAK

Salah satu faktor yang membuat rendahnya rasio elektrifikasi di Kabupaten Kampar adalah banyaknya desa terpencil yang belum teraliri listrik, salah satunya adalah Desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu. Berdasarkan letak geografis Desa Deras Tajak sulit mendapatkan akses listrik PT. PLN (Persero) dalam waktu dekat karena kurangnya pasokan daya listrik, dan jauhnya akses jaringan listrik dari semua sumber pembangkit listrik. Solusi terbaik yaitu mengoptimalkan potensi energi terbarukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV. Pada perencanaan awal pembangunan pembangkit listrik yang dimulai dengan memperoleh potensi air sungai sebesar 0,12 m³/s dan potensi radiasi matahari sebesar 4,62 kWh/m²/hari. Kemudian desain pembangkit listrik PV menggunakan standar Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4599.2:2010, dan sistem terdiri dari PV array 14,6 kW, inverter 15 kW dan baterai 120 unit dengan Kapasitas 450 Ah. Kemudian dilakukan Simulasi menggunakan HOMER dengan umur proyek 20 tahun, dan diperoleh total produksi listrik 31.529 kWh/tahun. Investasi awal yang diperoleh dari pembangkit sebesar Rp. 2.503.505.579 dan LCOE Rp. 7.046/kWh. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perencanaan dinilai layak dari aspek teknis dan ekonomi.

Kata Kunci: Desa Deras Tajak, HOMER, Pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV, Perencanaan teknis dan ekonomi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

UIN SUSKA RIAU



TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS HYBRID PLTMH-PV POWER PLANT IN DERAS TAJAK VILLAGE KAMPAR SUB-DISTRICT

DEVINA LORENZA

NIM : 11355203637

Date of Final Exam: 29th July2020

*Department of
ElectricalEngineering Faculty
of Science andTechnology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim
Riau HR. Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru
- Indonesia*

ABSTRACT

One of the factors that makes the electrification ratio low in Kampar Regency is the large number of remote villages that have not yet been electrified, one of which is Deras Tajak village. Based on the geographical location of Deras Tajak, it is difficult to get access to electricity from PTPLN (Persero) in the near future due to a lack of willingness to supply electricity, and access to electricity from all sources of electricity. The best solution is to optimize the potential of renewable energy. The purpose of this study is to design a PLTMH- PV hybrid power plant system. From the technical aspects of the biogas power plant, it requires 3 digester units with a size of 9m³, and 1 unit of biogas generator with a capacity of 5 kW. Then the design of the PV power plant uses the AS / NZS 4509.2: 2010 Australian / New Zealand Standard, and the system consists of a 14.6 kW PV array, a 15 kW inverter and a 120 unit battery with a capacity of 1,547 Ah. Then simulations using HOMER with a project life of 20 years, and obtained total electricity production of 31,529 kWh / year. The initial investment obtained from the generator is Rp. 2,503,505,579 and LCOE Rp. 7.046 / kWh. From the results of the study it can be concluded that planning is considered feasible from the technical and economic aspects.

Keywords: Deras Tajak Village, HOMER, PLTMH-PV hybrid power plant, technical and economic planning.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikumWr.Wb

Allhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat dan salam buat baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruhumat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* PLTMH-PV DESA TERPENCIL, (Studi Kasus: Desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar)”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Susilo, ST dan ibunda tercinta Dra. DelviZarina, yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil serta do'anya kepada penulis.
2. Prof. Dr. Suyitno, M.Ag. selaku PltRektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya
3. Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom, selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau, yang telah membuat proses administrasi pada Jurusan Teknik Elektro menjadi lebih baik dan efektif.
5. Rika Susanti, ST. M.Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta perhatian dan pemikiran dengan ikhlas dalam membimbing dalam hal akademik.



6. Bapak AuliaUllah, ST., M.Eng, selaku pembimbing saya, yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, melalui beliau penulis banyak mendapatkan pengalaman-pengalaman yang begitu berharga, dengan keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan penjelasan serta berbagai masukan sehingga penulis dapat lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Susi AfrianiST., M.T, selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu dalam memberikan kritikan serta saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
8. Ibu Marhama Jelita S.Pd., M.Sc, selaku dosen penguji Tugas Akhir yang juga telah bersedia meluangkan waktu dalam memberikan kritikan serta saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman penulis teknik elektro angkatan 13 yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi dorongan, motivasi dan sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga semua kritik dan saran yang telah diberikan dapat menjadi sebuah cambuk untuk selalu semangat dalam menggapai cita-cita, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca, Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 29 Juli 2020

Penulis,

DevinaLorenza



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR RUMUS	viii
DAFTAR LAMBANG	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1. Latar Belakang	I-1
1. Rumusan Masalah / Pertanyaan Penelitian	I-4
1. Tujuan Penelitian	I-4
1. Batasan Masalah	I-4
1. Manfaat Penelitian	I-5
BAB II METODE PENELITIAN	
2. Penelitian Terkait	II-1
2. Landasan Teori.....	II-2
2.2.1 Profil Kabupaten Kampar	II-2
2.2.2 Gambaran Umum Kecamatan Kampar Kiri Hulu	II-4
2.2.3 Penduduk	II-6
2.2.4 Energi	II-6
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid.....	II-6
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	II-6
2.4.1 Debit air	II-7
2.4.2 JenisJenisTurbin.....	II-9
2.4.3 Hidrologi	II-21
2.4.4 Topografi.....	II-25



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

2.4.4.1	Perancangan Teknologi.....	II-25
2.4.4.2	Perencanaan Pipa Pesat.....	II-26
2.4.5	Kapasitas Produksi.....	II-26
	Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	II-27
2.5.1	Sel Surya.....	II-27
2.5.2	Jenis Jenis Modul Surya.....	II-27
2.5.3	Komponen PLTS.....	II-28
2.5.3.1	Modul <i>Photovoltaic</i>	II-29
2.5.4	Inverter.....	II-29
2.5.5	Baterai.....	II-30
2.5.6	Desain Kelistrikan.....	II-31
2.5.6.1	Penilaian Permintaan Listrik.....	II-30
	Mengestimasi Konsumsi Tarif Listrik.....	II-31
2.5.7	Sistem Konfigurasi.....	II-32
2.5.8	Perhitungan spesifikasi Umum.....	II-34
2.5.8.1	<i>Design Load Energy</i> (Etot).....	II-34
2.5.8.2	Sudut Kemiringan (<i>Fit Angle</i>).....	II-35
2.5.8.3	Nominal Tegangan Bus DC (Vdc).....	II-37
2.5.9	Perhitungan Pembangkit Listrik PV.....	II-38
2.5.9.1	Perhitungan Kapasitas <i>Photovoltaic Array</i>	II-38
2.5.9.2	Perhitungan Kapasitas Batrai.....	II-41
2.5.9.3	Perhitungan <i>Inverter</i>	II-43
	Aspek Ekonomi.....	II-43
	Software HOMER.....	II-44

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian.....	III-1
3.2	Prosedur Penelitian.....	III-1
3.3	Tahap Perencanaan.....	III-2
3.4	Pengumpulan Data.....	III-3
3.5	Studi Potensi Air.....	III-5
3.6	Studi Potensi Energi Surya.....	III-8



StudiBebanListrik	III-8
PerhitunganMatematisDesainSistemPembangkitListrikHybrid PLTMH-PV	III-9
SimulasiMenggunakan HOMER	III-9
3.9.1 TahapSimulasiMenggunakan Program HOMER	III-9
3.9.1.1 PemilihanLokasi	III-10
3.9.1.2 MenentukanProfilBeban	III-10
3.9.1.3 MemasukkanPotensiEnergiTerbarukan	III-11
3.9.1.4 PemilihanKomponen.....	III-11
AnalisisKelayakan	III-13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendahuluan.....	IV-1
Studi Potensi Air	IV-1
4.2.1 Debit Air.....	IV-1
4.2.2 Perhitungan Potensi Energi PLTMH.....	IV-4
4.2.3 Perhitungan Potensi Energi Listrik	IV-4
StudiBebanListrik	IV-4
4.3.1 Studi Beban Listrik desa Deras Tajak	IV-4
Studi Potensi Energi Surya	IV-6
PerhitunganMatematisDesainSistemPembangkitLsitrikHybrid PLTMH-PV.....	IV-7
4.5.1 Menentukan Spesifikasi Umum Pembangkit Listrik Hybrid	IV-7
4.5.2 Menentukan Ukuran dan Pemilihan Komponen PLTMH.....	IV-9
4.5.3 Menentukan Ukuran dan Pemilihan Pvarray.....	IV-13
4.5.4 Menentukan Ukuran Baterai	IV-16
4.5.5 Menentukan Ukuran Pemilihan Inverter	IV-18
Simulasi HOMER	IV-18
4.6.1 MasukkanKoordinatLokasiPenelitian.....	IV-19
4.6.2 Masukkan Data Beban	IV-19
4.6.3 Masukkan Generator	IV-21
4.6.4 MasukkanModul PV	IV-21
4.6.5 Input Solar Global Horizontal Irradiance (GHI)	IV-23
4.6.6 Input Data Temperatur.....	IV-24



4.6.7	Input <i>Inverter</i>	IV-24
4.6.8	Input Baterai.....	IV-25
4.6.9	Input Ekonomi	IV-25
4.6.10	Melakukan Simulasi.....	IV-26
4.7	Analisis Hasil Simulasi Teknis	IV-26
4.7.1	Kinerja PV <i>Array</i>	IV-27
4.7.2	Kinerja Generator PLTMH	IV-28
4.7.3	Kinerja Baterai	IV-29
4.7.4	Kinerja Inverter	IV-30
4.7.5	Produksi Listrik dan Konsumsi Listrik	IV-31
4.8	Analisis Ekonomi	IV-32
4.9	Rekomendasi Kelayakan	IV-33
BAB V PENUTUP		
5	Kesimpulan	IV-
6	Saran	IV-

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

2.1	Letak Geografi Kabupaten Kampar	II-3
2.2	Peta Geologi Kampar KiriHulu.....	II-4
2.3	Turbin Air Overshoot.....	II-11
2.4	Turbin Air Undershoot.....	II-12
2.5	Turbin Air <i>Breastshoot</i>	II-13
2.6	Turbin Air Tub	II-13
2.7	Klasifikasi Turbin berdasarkan aliran	II-14
2.8	Jenis-jenisturbin Axial Flow	II-15
2.9	Jenis-jenisturbin Cross Flow	II-15
2.10	<i>Salient-Pole Rotor</i> dan <i>cylindrica-rotor</i>	II-19
2.11	cross – setion melalui modul.....	II-29
2.12	sirkuit inverter jembatan penuh.....	II-30
2.13	Dari Input Energi Dasar DC.....	II-33
2.14	Konfigurasi parallel.....	II-34
3.1	Diagram alir perhitungan manual dan Simulasi.....	III-2
3.2	Pemilihan Lokasi.....	III-10
3.3	Menentukan Beban Dan Melihat Hasil Beban.....	III-10
3.4	Potensi energi terbarukan.....	III-11
3.5	Jenis PLTMH	III-11
3.6	Pemilihan <i>Photovoltaic</i>	III-12
3.7	Pemilihan Inverter.....	III-12
3.8	Pemilihan Baterai.....	III-13
4.1	Grafik radiasi energi surya dan <i>clearness index</i> di Desa Deras Tajak.....	IV-7
4.2	<i>Turbine Micro Hydro X-Flow T-15 D500</i>	IV-9
4.3	<i>Electronic Load Controller (ELC)</i>	IV-10
4.4	Pintu Air	IV-11
4.5	Saringan Air	IV-11
4.6	Koordinat desa DerasTajak.....	IV-19
4.7	Koordinat desa DerasTajak.....	IV-20

4.8	Masukan pertumbuhan beban per tahun pada HOMER	IV-20
4.9	Tampilan input generator pada HOMER	IV-21
4.10	Input Modul PV pada HOMER	IV-21
4.11	Posisi <i>azimuth</i> Desa Deras Tajak, kabupaten Kampar.....	IV-22
4.12	Input sudut kemiringan dan sudut <i>azimuth</i> modul pada HOMER	IV-23
4.13	Input variabel penurunan kinerja modul PV pada HOMER	IV-23
4.14	<i>Inputsolar global horizontal irradiance (GHI) resource</i> pada HOMER.....	IV-23
4.15	Tampilan input data temperatur pada HOMER	IV-24
4.16	Input inverter pada HOMER	IV-25
4.17	Input baterai pada HOMER	IV-25
4.18	Input ekonomi pada HOMER	IV-26
4.19	Konfigurasi sistem pembangkit listrik <i>hybrid</i> PLTMH-PV pada HOMER.....	IV-26
4.20	Hasil optimasi sistem pada HOMER	IV-27
4.21	Kinerja PV <i>array</i> di tahun pertama.....	IV-27
4.22	Kinerja PV <i>Array</i> di tahun ke 20	IV-28
4.23	Kinerja Generator pltmh	IV-28
4.24	Konsumsi bahan bakar generator PLTMH	IV-29
4.25	Kinerja baterai pada tahun pertama	IV-29
4.26	Kinerja Baterai pada tahun ke 20	IV-30
4.27	Kinerja inverter pada tahun pertama.....	IV-30
4.28	Produksi beroperasi listrik dan konsumsi listrik di tahun pertama	IV-31
4.29	Produksi beroperasi listrik dan konsumsi listrik di tahun ke 25	IV-32
4.30	Total <i>Cash Flow Cost</i>	IV-32



DAFTAR RUMUS

Halaman

Debit Air	II-8
Luas Penampang Sungai	II-8
Kecepatan Aliran Air	II-9
Daya Air	II-9
Energi Potensial Air	II-9
Kecepatan Spesifik Turbin	II-11
Diameter Luar Turbin	II-16
Diameter Dalam Turbin	II-16
Jarak Antar Sudu	II-16
Ketebalan Pancaran pada <i>Nozzle</i>	II-17
Jari-Jari Kelengkungan Sudu	II-17
Jumlah Sudu	II-17
Kecepatan Putaran Turbin	II-17
Kecepatan Keliling Sudu	II-17
Kecepatan Air Keluar Pipa	II-17
Daya Turbin	II-17
Effisiensi Turbin	II-18
Daya Transmisi Mekanis	II-18
Besarnya Putaran Pada Generator	II-21
Daya Generator	II-21
Curah Hujan Rata-Rata Menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar	II-23
Curah Hujan Rata-Rata Menggunakan Metode <i>Polygon Thiessen</i>	II-23
Curah Hujan Rata-Rata Menggunakan Metode <i>Isohyet</i>	II-23
Kecepatan Aliran Dalam Pipa	II-25
Diameter Ekonomis Pipa Pesat	II-25
Tinggi Tenggelam Pipa Pesat	II-26
Kehilangan <i>Head</i>	II-26
Rugi-rugi Akibat Belokan	II-26



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2.30 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kehilangan Head Akibat Belokan Total	II-26
<i>Head</i> Bersih	II-26
Total kebutuhan Energi harian	II-34
Total Kebutuhan Energi Listrik	II-35
Jumlah Modul Hubung Paralel	II-36
Jumlah Modul Hubung Seri	II-37
Nominal Tegangan Modul	II-37
Kapasitas Total <i>Array</i>	II-37
Daya	II-38
Kapasitas Baterai	II-42
Kapasitas Inverter	II-43
Levelized Cost Of Energi (LCOE)	II-44



DAFTAR SINGKATAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

- : Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
- : Pembangkit Listrik Tenaga Surya
- : Energi Sumber Daya Air dan Mineral
- : Perusahaan Listrik Negara
- : *Surface meteorology and Solar Energy*
- : *National Aeronautics and Space Administration*
- : Karbondioksida
- : Hidrogen Sulfida
- : Nitrogen Oksida
- : Belerang Oksida
- : Gas Rumah Kaca
- : *Stand Alone Poewr System*
- : *Levelized Cost of Energy*
- : Daerah Aliran Sungai
- : Pembangkit Listrik Tenaga Air
- : *Capital Recovery Factor*
- : Badan Pusat Statistik

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tenaga listrik mempunyai peran yang sangat strategis dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional. Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan pertambahan jumlah penduduk di Indonesia. Berdasarkan informasi dari laporan kinerja Ditjen Ketenagalistrikan Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) 2017, rasio elektrifikasi Indonesia di tahun 2017 mencapai 93,35% dan rasio elektrifikasi desa berlistrik mencapai 97,10%. Dari data tersebut terdapat 10.150 desa yang berlistrik *non* PLN dan 2.384 desa yang belum teraliri listrik. Ketangguhan ketersediaan energi listrik di pedesaan dinilai sebagai salah satu penghambat ekonomi Masyarakat. Terobosan baru yang harus dilakukan dalam meningkatkan rasio elektrifikasi tersebut adalah memanfaatkan potensi sumber energi terbarukan yang dinilai berpotensi baik di desa tersebut [1].

Kabupaten Kampar yang memiliki 242 desa 92% sudah teraliri arus listrik, 20 desa yang belum dialiri listrik tersebut menjadi tugas untuk PLN dan Dinas ESDM agar listrik bisa teraliri ke seluruh pemukiman [3]. Alternatif yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi daerah-daerah yang sulit dijangkau PLN adalah dengan menggunakan pembangkit listrik yang bersumber dari energi baru terbarukan yang potensial tersedia di daerah tersebut. Pembangkit listrik energi baru terbarukan yang terdapat di satu desa yang terletak di Kampar Kabupaten Hulu ini diantaranya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Desa Deras Tajak desa yang dikelilingi oleh hutan dan kebun karet karena ekonomi mata pencaharian penduduk sebanyak 85 KK dari 96 KK adalah penyalur karet dan sisanya 11 KK berprofesi sebagai pedagang dan guru [1][4].

Berdasarkan studi pendahuluan kondisi elektrifikasi desa Deras Tajak yang masih jauh dari kata cukup untuk di gunakan oleh warga. Selama ini untuk menikmati listrik Penduduk setempat menggunakan genset. Genset tersebut dioperasikan secara bersama-sama dengan tetangga disekitarnya. Kapasitas genset yaitu 1000 watt dan 500 watt. Biaya operasional genset ditanggung bersama-sama dimana rata-rata satu genset dinikmati untuk 4 rumah. Jumlah bahan bakar bensin yang digunakan untuk mengoperasikan genset selama 5 jam (dari jam 18.00 sampai



dan 23.00) rata-rata sebanyak 6 liter. Harga bensin di desa Deras Tajak sebesar Rp. 9.000/liter.

Biaya pembelian BBM untuk operasional genset selama satu bulan sekitar Rp. 1.620.000.

Dengan penghasilan rata-rata Rp. 1.167.000/bulan, pengeluaran untuk listrik 1.620.000/bulan sangat memberatkan warga setempat.

Alternatif yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi daerah-daerah yang sulit dijangkau PLN dan mengurangi beban ekonomi penduduk adalah dengan menggunakan pembangkit listrik yang bersumber dari energi baru terbarukan yang potensial tersedia di daerah tersebut. Sungai yang berada di sekitar Desa Deras Tajak yaitu sungai manggis merupakan sungai utama yang selama ini dijadikan sarana air bersih sebagian besar penduduk Desa Deras Tajak Kecamatan Kampar Kiri Hulu. Sungai tersebut memiliki debit air terukur sebesar 0,120 m³/s. dengan fluktuasi sesuai pola cuaca yaitu kurang dari 10% selama 3 bulan (transisi), kemudian debit air berkurang 50% – 70% selama 1 bulan saat kemarau, debit air diatas 50% selama 8 bulan pada musim hujan, debit rencana sungai tersebut memiliki nilai 100 l/s selama periode 8 bulan. Dari hasil Perhitungan tersebut daya yang dapat dihasilkan adalah sebesar 163,2 Kwh. Namun, berdasarkan profil beban desa Deras Tajak yang memiliki total beban 191 kWh daya tersebut belum mencukupi kebutuhan listrik Desa Deras Tajak selama 24 jam [2].

Untuk mengatasi permasalahan kebutuhan listrik yang ada di Desa Deras Tajak dan memperkecil pengeluaran agar meningkatnya perekonomian masyarakat, maka salah satu solusinya adalah dengan mengoptimalkan potensi-potensi energi terbarukan yang dimiliki di Desa Deras Tajak. Berdasarkan data dari Surface meteorological land Solar Energy (SSE) milik National Aeronautics and Space Administration (NASA), Desa Deras Tajak berada di garis lintang 0,3229 LS dan garis bujur 102,1893 BT berpotensi menghasilkan energi surya sebesar 4,62 kWh/m²/hari[3].

Melihat data potensi air sungai desa Deras Tajak masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik desa Deras Tajak maka akan dilakukan hybrid dengan potensi lain yang berpotensi yaitu photovoltaic (PV). Dari segi ekonomi biaya investasi pembangkit listrik hybrid lebih murah dibandingkan jika menggunakan satu pembangkit listrik saja seperti PV, dikarenakan harga modul PV dan baterai yang mahal dan juga sering terjadinya pergantian komponen khususnya pada baterai. Solar PV di desa DerasTajakadalah off-Grid karena hanya mengandalkan energi matahari.



Untuk dapat mendesain pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV perlu dilakukan perhitungan

manu di masing – masing perangkat yang tepat pada PLTMH dan PV untuk memenuhi

kebutuhan listrik. Untuk mendapatkan desain sesuai dengan kebutuhan listrik di desa Deras

Tajak perlu di lakukan simulasi dan evaluasi penggunaan Berdasarkan desain yang di buat.

Untuk itu di perlukan bantuan sebuah perangkat lunak yang memiliki kemampuan untuk

melakukan hal ini, salah satunya HOMERPro. HOMERPro adalah perangkat lunak yang

dikembangkan oleh laboratorium energi terbarukan nasional di Amerika Serikat. Aplikasi ini

digunakan untuk merancang dan mengevaluasi secara teknis dan finansial.

Simulasi integrasi Pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV menggunakan software HOMER.

Dengan Menggunakan software HOMER, akan disimulasikan kombinasi pembangkit listrik

hybrid yang optimum untuk memasok energi listrik pada suatu lokasi. Dari aspek ekonomi dapat

dilihat dari parameter Cost Of Energy (COE), dimana pembangkit yang optimum adalah

pembangkit yang memiliki COE yang rendah. Software HOMER juga dapat mengetahui apakah

sistem yang di desain sudah optimal, dan untuk mendapatkan hasil kinerja sistem secara teknis

selama umur proyek, dan mendapatkan hasil Perhitungan dari segi ekonomi selama umur proyek

14 Dalam penelitian ini, penulis hanya membahas analisa teknis dan ekonomi pembangkit

listrik Hybrid yang akan dilakukan dikarenakan penelitian ini berfokus pada hasil akhir yang

Menghasilkan sebuah desain Pembangkit Listrik.

Dari permasalahan dan solusi yang telah diuraikan, maka akan dilakukan penelitian dengan

judul “**Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Hybrid PLTMH-PV Desa Terpencil**

Studi Kasus: DerasTajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar)”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana memanfaatkan energi lokal yang ada untuk memenuhi kebutuhan listrik di desa DerasTajak?

2. Bagaimana skema PLTMH-PV yang memenuhi kebutuhan beban desa DerasTajak?

3. Bagaimana analisis teknis dan ekonomi desain sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV di desa DerasTajak?



1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan sebuah desain sistem pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV untuk mengatasi kekurangan energi listrik di desa Deras Tajak.
2. Merekomendasikan hasil skema sistem pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV untuk memenuhi kebutuhan beban desa deras tajak.
3. Menghasilkan analisis teknis dan ekonomi desain pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV desa deras tajak.

3. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya di fokuskan di desa DerasTajak, Kampar Kiri Hulu, kabupaten Kampar.
2. Dalam penelitian ini hanya menganalisa sistem dengan Perhitungan teoritis, tidak membuat alat.
3. Dalam penelitian ini hanya menganalisa perencanaan awal secara teknis dan ekonomi pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV, belum masuk secara spesifik sampai perancangan npembangkit.
4. Simulasi dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources* (HOMER).
5. Potensi energi terbarukan lokal yang akan digunakan dalam simulasi adalah potensi energi air dan potensi energi surya.
 - Potensi air diasumsikan konstan setiap tahunnya.
 - Tidak membahas jaringan distribusi pembangkit.
 - Sistem pembangkit yang akan disimulasikan adalah sistem pembangkit *hybrid* yang tidak tersambung ke jaringan listrik utama (*off-grid*).
 - Analisis ekonomi dalam penelitian ini hanya membahas total *Net present Cost* (NPC) pembangkit selama periode 20 tahun, dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) pembangkit.

Manfaat Penelitian

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Mengusulkan rekomendasi hasil desain sistem PLTMH-PV di desa DerasTajak yang optimal dan lebih ramah lingkungan.
2. Dapat di gunakan sebagai acuan dalam pembangunan Pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV di desa-desa terpencil.
3. Meningkatkan pembangunan EBT di daerah terpencil yang jauh dari jaringan listrik PT.PLN (Persero).
4. Meningkatkan pemanfaatan EBT sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil atau konvensional.

UIN SUSKA RIAU



BAB II

LANDASAN TEORI

Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dari buku dan jurnal yang berkaitan. Penelitian terkait yang telah dilakukan peneliti terdahulu seperti dibawah ini:

Sudah banyak penelitian-penelitian yang membahas mengenai permasalahan kekurangan listrik terutama di daerah terpencil dengan solusi perencanaan sistem mikro-hidro dan fotovoltaiik surya hibrida untuk daerah pedesaan di desa Bligo, kabupaten Ngluwar, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan penelitian lapangan untuk menentukan kapasitas ideal pembangkit listrik tenaga surya dan mikrohidro, analisis beban listrik, dan desain optimal pembangkit listrik hibrida. Data tentang potensi pembangkit mikrohidro diperoleh dengan pengukuran langsung pada saluran irigasi Ancol Bligo yang terletak di desa Bligo, kabupaten Ngluwar, kabupaten Magelang, provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Desa ini memiliki potensi tinggi untuk sumber energi terbarukan sehingga kemungkinan aliran hidro di saluran irigasi cukup besar, mencapai hingga 6.800 L /s dengan ketinggian kepala 11,9 m sehingga dapat menghasilkan daya keluaran mikro-hidro 555 kW. Dari simulasi model hybrid, yang terdiri dari sistem mikrohidro yang dirancang, produksi energi listrik dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik untuk beban listrik 1.023 rumah atau 3.240 kWh / hari, dengan rata-rata beban listrik per jam adalah 135 kW. Listrik yang dihasilkan juga dapat ditransmisikan ke jaringan sebagai energi listrik yang dapat dijual ke penyedia listrik konvensional, dengan kelebihan listrik mencapai 3.819.127 kWh/tahun atau sekitar 76% dari daya yang dihasilkan oleh pembangkit mikrohidro. Sementara itu, konsumsi listrik desa Bligo hanya 1.179.851 kWh / tahun atau sekitar 24% dari energi listrik yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangkit listrik hibrida mampu memenuhi kebutuhan energi listrik di desa-desa di sekitar pembangkit listrik dan bahwa kelebihan energi dapat dijual ke penyedia listrik nasional. Model penelitian ini juga dapat diterapkan di Desa Deras Tajak Kampar Kiri Hulu Kabupaten Kampar

[9].

unakan sistem hybrid solar PV sebagai konsep teknologi unik dari sistem energi lanjutan yang dapat menyediakan tenaga listrik dan pasokan energi secara terus menerus dan kemungkinan implementasinya di Eropa dan daerah dengan iklim serupa. Penelitian sistem tersebut didasarkan pada energi surya fotovoltaik (PV). Konsep hibrida di Island of Vis di Kroasia (Iklim Mediterania Utara), dan hasilnya menunjukkan bahwa itu sesuai sangat baik dengan karakteristik masalah subjek. Kekuatan yang diperoleh dari pengkit listrik PV adalah 41MWp, yang sesuai dengan bidang kolektor seluas 25 ha (1250 m²), sementara estimasi reservoir appurtenant adalah 20 jam m³, yaitu perkiraan area 100 ha (100 m²) dan kedalaman 20m. Kemandirian yang energetik dari seorang konsumen di Island of Vis), yaitu keberlanjutan sistem tenaga listrik lokal (tenaga PVplant + water reservoir), menghasilkan surplus produksi energi dari sistem PV. Dalam beberapa periode pembangkit PV akan menghasilkan lebih banyak energi dari pada yang dibutuhkan untuk mengisi reservoir atas, seperti hasil optimasi / minimalisasi ukuran sistem PV. Sebagai total energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik PV pada Vis adalah 55.447 MWh, yaitu sekitar 55% masuk akal untuk diramalkan mengirimkan sekitar 2/3 dari energi ini langsung ke daya [10]. Dari penelitian sebelumnya, hanya memanfaatkan energi surya sedangkan di Desa Tajak ada dua potensi yang dimanfaatkan Sehingga penggunaan solar PV hanya untuk menutupi kekurangan suplay dari yang dihasilkan PLTMH.

Untuk menganalisis proses dalam mendesain pembangkit listrik alternatifnya dapat menggunakan software HOMER yang fungsinya dapat memudahkan menganalisis dari segi ekonomi dan skema generasi hibrida yang diusulkan telah disimulasikan melalui HOMER Pro - 3. untuk analisis biaya-manfaat. Juga, sebuah prototipe pengaturan perangkat keras untuk skema yang diusulkan telah berhasil dikembangkan dan diuji [8].

Profil Kabupaten Kampar

Kabupaten Kampar adalah salah satu kabupaten di Provinsi Riau, Indonesia. Di samping Julukan Bumi Sarimadu, Kabupaten Kampar yang beribu kota di Bangkinang ini juga dikenal dengan julukan Serambi Mekkah di Provinsi Riau. Kabupaten ini memiliki luas 11.289,28 km² atau 12,26% dari luas Provinsi Riau dan berpenduduk 851.837 jiwa (2018). Kabupaten Kampar



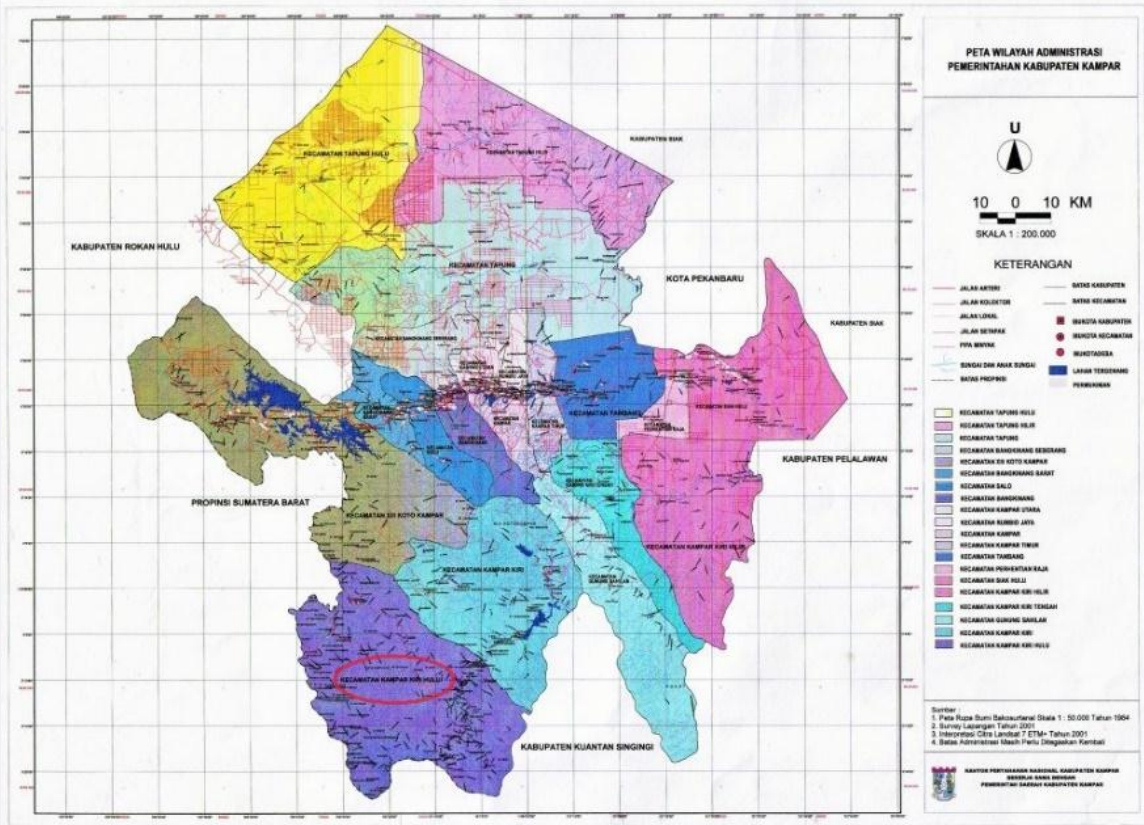
memiliki luas lebih kurang 211.289,28 km² merupakan daerah yang terletak antara 1°00'40" Lintang Utara sampai 0°27'00" Lintang Selatan dan 100°28'30" – 101°14'30" Bujur Timur[11].

2. Dilarang mengumpungi Undang-Undang

a. Dilarang mengumpungi sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dalam karya tulisnya sumber yang digunakan, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumpunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

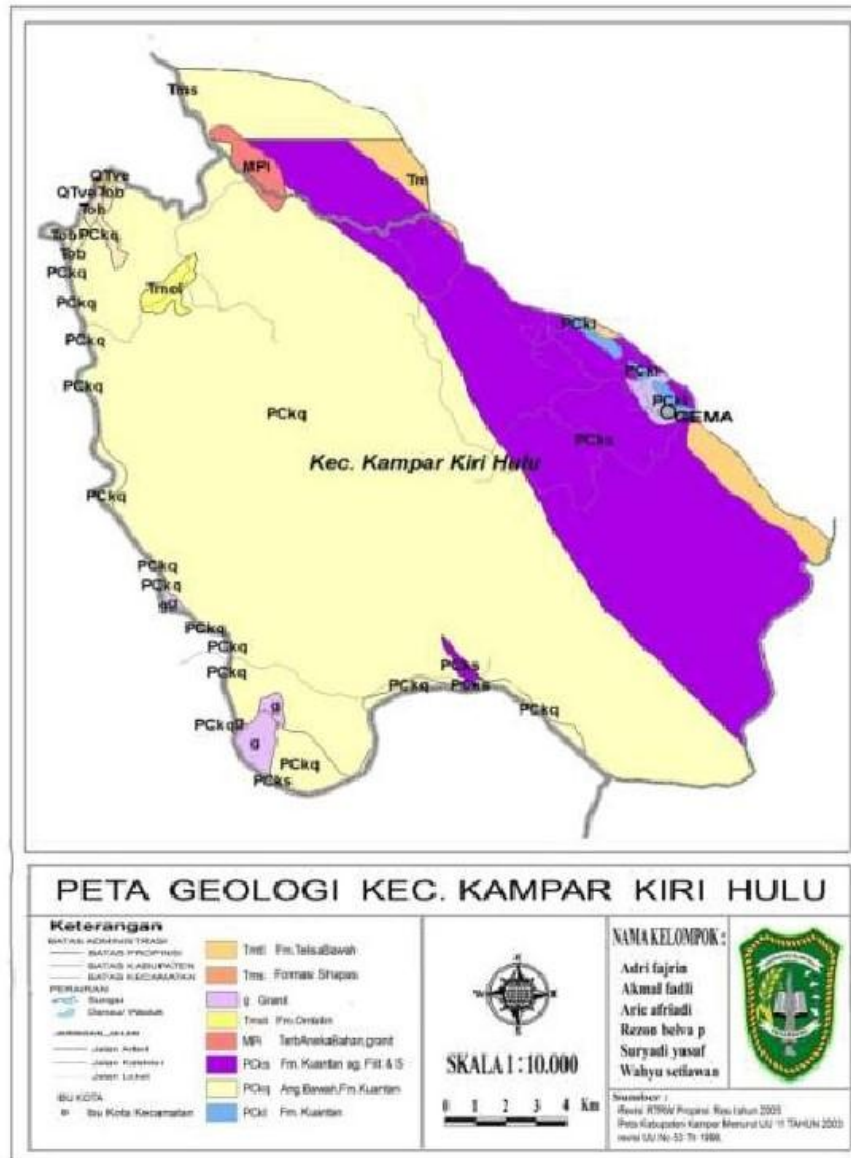


Gambar 2.1. Letak Geografi Kabupaten Kampar [11].

Kabupaten Kampar dilalui oleh dua buah sungai besar dan beberapa sungai kecil, di antaranya Sungai Kampar yang panjangnya ± 413,5 km dengan kedalaman rata-rata 7,7 m dan lebar rata-rata 143 meter. Seluruh bagian sungai ini termasuk dalam Kabupaten Kampar yang meliputi Kecamatan XIII Koto Kampar, Bangkinang, Bangkinang Barat, Kampar, Siak Hulu, dan Kampar Kiri. Kemudian Sungai Siak bagian hulu yakni panjangnya ± 90 km dengan kedalaman rata-rata 8 – 12 m yang melintasi kecamatan Tapung. Sungai-sungai besar yang terdapat di Kabupaten Kampar ini sebagian masih berfungsi baik sebagai sarana perhubungan, sumber air bersih, budi daya ikan, maupun sebagai sumber energi listrik. Kabupaten Kampar pada umumnya beriklim tropis, suhu minimum terjadi pada bulan November dan Desember yaitu sebesar 21 °C. Suhu maksimum terjadi pada Juli dengan temperatur 35 °C. Jumlah hari hujan pada tahun 2009, yang terbanyak adalah di sekitar Bangkinang Seberang dan Kampar Kiri[11].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan umum tentang isi karya tulis yang dikutip.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2. Peta Geologi Kampar Kiri Hulu[11]

Gambaran Umum Kecamatan Kampar Kiri Hulu

Kecamatan Kampar Kiri Hulu merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Kampar yang minim sentuhan pembangunan, terutama infrastruktur jalan, padahal di kecamatan ini banyak tersimpan hasil bumi, seperti seperti karet serta hasil perternakan kerbau dan sapi. Secara umum sumber perekonomian masyarakat adalah berkebun karet dan berladang. Sehingga, masyarakat susah untuk pemasarannya. Disamping itu bidang pariwisata pun sangat memungkinkan untuk digarap secara maksimal, terutama wisata alam dan budaya[12].



Table 2.1 Luas Wilayah, Jumlah dan Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan Tahun 2017

Kecamatan	Luas (Km2)	JumlahPenduduk Population	Kepadatan Penduduk Population Density
(1)	(2)	(3)	(4)
Kampar Kiri	15	28.690	31
KamparKiri Hulu	301	11.547	9
Kampar Kiri Hilir	60	11.051	15
Kampar Kiri Tengah	31	25.839	78
Gumuhg Sahlan	98	18.780	32
XIII Roto Kampar	32	23.194	32
Koto Kampar Hulu	74	18.222	27
Katok	51	24.238	160
Sapo	08	24.947	120
Tapung	366	90.091	66
Tapung Hulu	169	76.097	65
Tapung Hilir	014	57.092	56
Bangkinang	77	37.781	213
Bangkinang Seberang	54	31.860	126
Kampar	36	48.793	358
Kampar Timur	73	23.334	135
Rumbio Jaya	7	16.623	216
Kampar Utara	0	16.602	208
Tambang	72	57.652	155
Siak Hulu	90	94.069	136
Perhentian Raja	12	16.873	151
Jumlah	1.289	753.376	114



Beberapa desa di antaranya adalah Desa Batu Songgan, Tanjung Beringin, Gajah Betalut,

Aur Kuning, Deras Tajak, Terusan dan Desa Pangkalan Serai. Seluruh desa ini merupakan wilayah komunitas masyarakat adat kampar kiri hulu yang masih memegang teguh adat istiadat mereka dalam kehidupan sehari-hari. Secara adat wilayah ini termasuk kedalam wilayah Kuchilifahani Batu Songgan yang masih terkait dengan Kerajaan Gunung Sahilan[12]. Desa Deras Tajak adalah sebuah Dusun dari Desa Iudai yang dimekarkan menjadi desa pada tanggal 28 Desember 2005, dengan jumlah penduduk 463 jiwa dengan jumlah KK 96 dan penduduk yang sebanyak 463 jiwa adalah asli tempatan yang berkembang sampai sekarang[12].

2.3 Penduduk

Jumlah penduduk di Kecamatan Kampar Kiri Hulu sebanyak 11.547 di tahun 2017, dengan kepadatan penduduk 9 dengan luas 1.301 km².

2.4 Energi

BPS Provinsi Riau mencatat untuk persentase jumlah rumah tangga menurut sumber penerangan di Kabupaten Kampar sebesar 66,48% dari listrik PT. PLN (Persero), 25,69% dari listrik non-PT. PLN (Persero), dan 7,83% tidak menggunakan listrik. Hal ini membuat Kabupaten Kampar berada di urutan ke 2 terendah dari 12 Kabupaten untuk persentase rumah tangga yang menggunakan listrik dari PLN. Kabupaten Kampar memiliki 12 kecamatan dan 118 kampung/desa. Salah satu kecamatan yang kurang mendapat akses listrik dari PT. PLN (Persero) di Kabupaten Kampar adalah Kecamatan Kampar Kiri Hulu[13].

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid

Pembangkit Listrik tenaga hybrid (PLTH) didefinisikan sebagai suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk *isolated grid*, Sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis. Konfigurasi dasar dari sistem pembangkit listrik tenaga hybrid tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

- 1. Sistem *hybrid* seri
- 2. Sistem *hybrid* parallel
- 3. Sistem *hybrid switched*



Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

PLTA jenis ini merupakan pusat listrik yang memanfaatkan laju aliran air untuk menggerakkan turbin yang mempunyai intake di hulu sungai dan mengalirkan air ke hilir melalui saluran air dengan memanfaatkan aliran air secara alami [14].

Pembangkit listrik tenaga air jenis ini adalah pembangkit listrik yang mulai dikembangkan di beberapa negara dunia. Pembangkit jenis ini memanfaatkan laju aliran air sebagai penggerak turbinnya. Cara kerjanya adalah dengan memanfaatkan energi kinetik air kemudian diubah menjadi energi mekanis sebagai penggerak turbin dan generator, singkatnya pembangkit ini hanya memanfaatkan langsung energi kinetik tanpa harus memanfaatkan energi potensial [14].

Keunggulan dari PLTA jenis ini yaitu tidak membutuhkan lahan yang luas sebagai kawasan tangkapan air seperti halnya DAM. Namun, hanya dengan membuat satu sistemnya saja yang dilengkapi dengan turbin, transmisi dan generator kemudian diapungkan diatas permukaan air yang memiliki arus yang cukup untuk memutar turbin dan generator. Pengaplikasiannya pun bisa dilakukan di sungai maupun di laut [14].

Selain dari penggunaannya yang mudah dan murah, pembangkit jenis ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah diperlukan perancangan turbin yang baik sebab tidak semua jenis turbin dapat digunakan di PLTA jenis ini. Dengan laju aliran rata-rata air yang hanya berkisar 1-3 m/s dibutuhkan suatu sistem transmisi yang berfungsi untuk mempercepat putaran generator sehingga daya yang dihasilkan cukup besar [14].

Debit Air

Debit air merupakan jumlah air yang mengalir didalam saluran atau sungai per satuan waktu. Pengukuran debit aliran air dapat dilakukan menggunakan metode apung. Dimana media apung yang digunakan dapat berupa botol plastik, kayu, batu apung dan lainnya yang dapat mengapung. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut [15]:

1. Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampang seragam kemudian tentukan panjangnya.



2.

Mengukur luas penampang bagian sungai tersebut dengan membagi dalam beberapa segmen, minimal 3 segmen. Kemudian hitung luas masing-masing segmen tersebut dan luas penampang secara keseluruhan.

Menjatuhkan benda apung tersebut beberapa meter sebelum garis start yang telah ditentukan.

Mengukur waktu yang dibutuhkan media apung tersebut untuk melewati jarak yang telah ditentukan.

Menghitung kecepatannya

Metode umum yang diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil (cross section). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air [16].

$$Q = A \times V \quad (2.1)$$

Dimana :

A = Luas Penampang Vertikal (m²)

V = Kecepatan Aliran Air (m/s)

Q = Debit Aliran (m³/s)

Sebelum mengukur berapa besar debit aliran sungai, terlebih dahulu menghitung Profil sungai dan kecepatan aliran sungai. Antara lain:

Pembuatan profil sungai.

Dengan melakukan pengukuran profil sungai, maka luas penampang sungai dapat diketahui. Luas penampang sungai (A) merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air. Hal ini dapat dituliskan dengan persamaan [16]:

$$A = L_1D_1 + L_2D_2 + \dots L_nD_n \quad (2.2)$$

Dimana :

L = Lebar Penampang Horizontal (m)

D = Kedalaman (m)

Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran sungai pada satu penampang saluran tidak sama. Kecepatan aliran sungai ditentukan oleh bentuk aliran, geometri saluran dan faktor faktor lainnya. Kecepatan aliran sungai diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap bagian penampang sungai



tersebut. Idealnya, kecepatan aliran rata-rata diukur dengan mempergunakan flow probe atau current meter. Alat ini dapat mengetahui kecepatan aliran pada berbagai kedalaman penampang.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan dengan jalan mengapungkan suatu benda misalnya bola tenis, pada lintasan tertentu sampai dengan suatu titik yang telah diketahui sebelumnya. Pengukuran dilakukan oleh tiga orang yang masing masing bertugas sebagai pelepas pengampung di titik awal, pengamat di titik akhir lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengampung dari awal sampai titik akhir [16].

Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh atau dapat dituliskan dengan persamaan [16]:

$$V = \frac{L}{t} \quad (2.3)$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran air (m/s)

t = Waktu Tempuh (s)

L = Panjang lintasan (m)

Kecepatan yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan. Pada sungai dengan dasar yang kasar faktor koreksinya sebesar 0.75 dan pada dasar sungai yang halus faktor koreksinya 0,85. tetapi secara umum faktor koreksi yang dipergunakan adalah sebesar 0,65 [13].

$$V = V_{rata - rata} \times Caliran \quad (2.4)$$

Setelah debit didapatkan maka langkah selanjutnya adalah menghitung energi yang dihasilkan PLTMH dengan persamaan berikut [13]:

$$P = \rho \times Q \times g \times H \times \eta t \times \eta g \quad (2.5)$$

Dimana :

P_{air} = Daya yang dapat dihasilkan oleh sungai (Watt)

ρ = Massa Jenis Air (1.000 Kg/m³)



A = Luas Penampang Vertikal Sungai (m²)

V = Kecepatan Aliran Sungai (m/s)

Jenis Jenis Turbin

Turbin air merupakan suatu alat yang berbentuk lingkaran dan memiliki beberapa sudu atau blades yang berfungsi untuk mengubah energi air menjadi energi mekanis (gerak). Secara umum turbin air diklarifikasikan menjadi 3 yaitu :

1. Berdasarkan Perubahan Tekanan Fluida

Turbin dapat diklarifikasikan berdasarkan tekanan fluida yang dibagi menjadi 2 bagian

a. Turbin Impuls

Turbin impuls merubah seluruh energi potensialnya menjadi energi kinetik pada *nozzle* sehingga diperoleh kecepatan air untuk menumbuk sejumlah sudu turbin.

b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin yang pengoperasiannya berdasarkan pada tekanan *inlet* dan *outlet* dimana air yang masuk mengalir melewati rotor dengan radial dan keluar dengan arah aksial.

2. Berdasarkan Tinggi Jatuh Air

Berdasarkan tinggi jatuh air, turbin ini dapat di klarifikasikan menjadi :

- Tinggi jatuh air 2,5 m – 30 m (*pelton, crossflow, francis dan kaplan*)
- Tinggi jatuh air 6 m – 30 m (*crossflow, francis dan kaplan*)
- Tinggi jatuh air 3 m – 6 m (*propeller*)
- Tinggi jatuh air < 3m (*propeller turbular / balb sets*)

3. Berdasarkan Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah turbin model yang beroperasi pada satu satuan ketinggian jatuh dan menghasilkan daya output sebesar satu satuan daya. Tabel 2.1 ini merupakan jenis turbin berdasarkan kecepatan spesifik :

Tabel 2.2 Jenis turbin air berdasarkan kecepatan spesifik [13].

Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik (rpm)		
	Lambat	Sedang	Cepat
Pelton	1 – 15	16 – 30	31 – 70



Crossflow	41 – 80	81 – 120	121 – 180
Francis	60 – 150	151 – 250	251 – 350
Kaplan	300 – 450	451 – 700	701 – 100

Untuk menentukan kecepatan spesifik turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$n_s = \frac{n_t \sqrt{P_t}}{H_n^{\frac{5}{4}}} \quad (2.6)$$

Dimana :

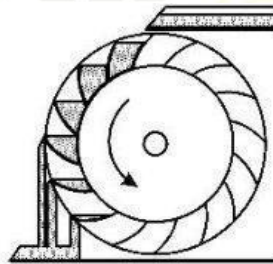
n_s = Kecepatan spesifik turbin

P_t = Daya turbin (HP)

Beberapa tipe turbin air berdasarkan aliran air yaitu:

Turbin air overshoot.

Turbin air overshoot prinsip kerjanya adalah apabila air yang mengalir jatuh kedalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air pada sudu turbin membuat kincir berputar. Turbin overshoot adalah turbin air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis turbin lainnya [17].



Gambar 2.3 Turbin Air Overshoot [11].

Turbin air Overshoot memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan diantara lain [14]:

Kelebihan

1. Tidak memerlukan aliran air yang deras.
2. Kontruksinya sederhana.
3. Mudah dalam perawatan.
4. Tingkat efisiensi mencapai 85%.
5. Teknologi sederhana dapat diterapkan di daerah terisolir.

Kelemahan

1. Karena sumber air melalui reservior atau bendungan, maka biaya menjadi lebih besar.
2. Tidak dapat diterapkan pada mesin putaran tinggi.

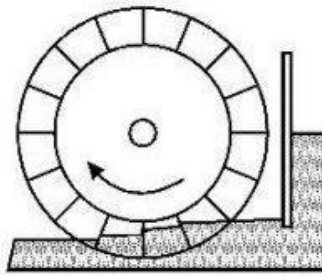


3. Membutuhkan ruang yang luas untuk penempatan.

4. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

Turbin Air Undershoot.

Prinsip kerja dari turbin air ini yaitu apabila air mengalir kemudian menghantam dinding sudu sudu turbin yang berada pada bagian bawah turbin air. Turbin air tipe ini tidak perlu mengandalkan keuntungan head. Tipe jenis ini sangat cocok diterapkan diperairan dangkal. Tipe ini juga sering disebut dengan vitruvian. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang berputar kincir [17].



Gambar 2.4 Turbin Air Undershoot [11].

Seperti halnya pada turbin sebelumnya. Turbin undershoot ini juga memiliki beberapa kelebihan dan juga kelemahan antara lain [17]:

Kelebihan

Konstruksinya lebih sederhana, lebih ekonomis dan mudah untuk dipindahkan.

Kelemahan

Effisiensi yang dimiliki relatif kecil sehingga daya yang dihasilkan juga kecil.

Turbin air breastshoot.

Turbin air breastshot merupakan perpaduan antara dua tipe sebelumnya yaitu overshoot dan undershoot apabila dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak head tidak melebihi diameter turbin sehingga arah aliran air yang menggerakkan turbin air disekitar sumbu poros dari turbin air. Turbin air jenis ini memperbaiki kinerja dari turbin air tipe undershot [17].

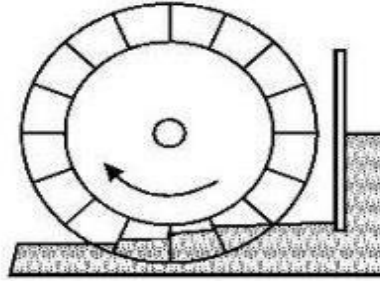
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacaukan isi, mengubah atau menambah atau mengurangi, atau mendistorsi isi, dan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

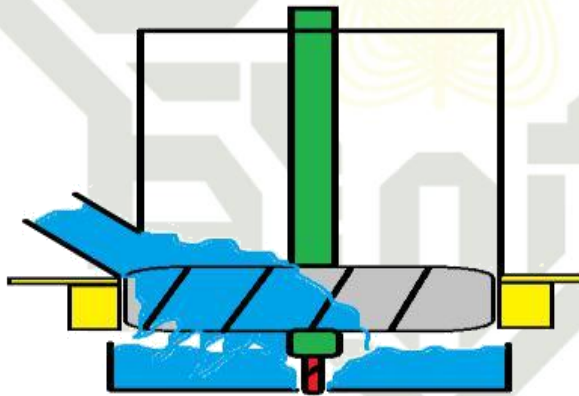


Gambar 2.5 Turbin Air *Breastshot* [11].

Adapun kelebihan dan kelemahan dari turbin air tipe *breastshot* ini adalah kelebihan dari tipe ini lebih efisien dibanding tipe *undershot*, dibanding dengan *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek, dan dapat di aplikasikan pada sumber air datar. Sedangkan kelemahan dari turbin air tipe ini adalah sudu-sudunya tidak rata seperti tipe *undershot*, diperlukan bendungan pada arus aliran datar, dan effisiensinya lebih kecil dibandingkan dengan turbin air tipe *overshot* [17].

Turbin Air *Tub*.

Turbin air tipe *Tub* ini merupakan turbin air yang turbinnya diletakkan secara horisontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dibandingkan tipe *overshot* dan *undershot*. Sebab arah gaya dari terjunan airnya menyamping, maka energi yang diterima oleh turbin adalah energi potensial dan energi kinetik.



Gambar 2.6 Turbin Air *Tub* [11].

Turbin air tub juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan diantara lain [17]:

Kelebihan

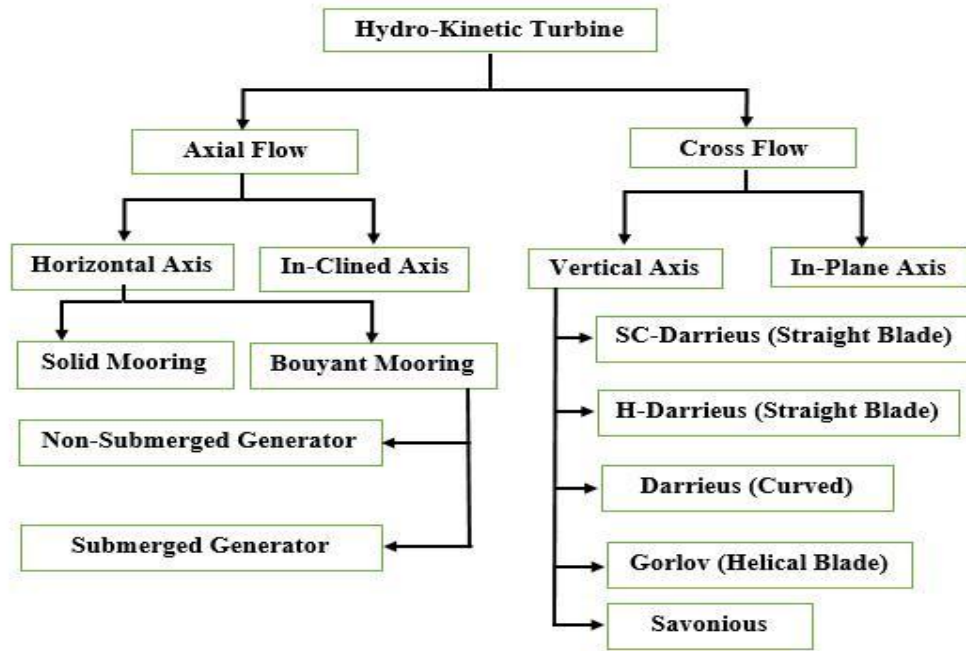
Memiliki konstruksi yang lebih ringkas dan kecepatan putarannya juga lebih cepat

Kekurangan

Daya yang dihasilkan tidak terlalu besar dan karena komponennya yang kecil sehingga dibutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi.

Klasifikasi Turbin Mikro Hidro atau Hidrokinetik

Berdasarkan penyelerasan sumbu rotor yang berhubungan dengan aliran air, maka turbin hidrokinetik dapat diklasifikasikan dalam 2 kelompok yaitu axial flow dan cross flow. Berikut adalah klasifikasi turbin beserta bagian-bagiannya [18]:



Gambar 2.7 Klasifikasi Turbin berdasarkan aliran [11].

Turbin *axial flow* adalah jenis turbin yang memiliki sumbu sejajar dengan aliran fluida dan menggunakan jenis baling-baling rotor. Sedangkan turbin jenis *cross flow* menghadapi aliran air orthogonal dengan sumbu rotor dan sebagian besar muncul sebagai struktur berputar berbentuk silinder. Sumbu turbin sebagian besar telah dipelajari untuk konverter energi sungai kecil. Akan tetapi, turbin dengan sumbu horisontal pada umumnya digunakan untuk mengkonversi energi pasang surut, turbin ini juga sangat mirip dengan turbin angin modern dari desain dan sudut pandang struktural [18].

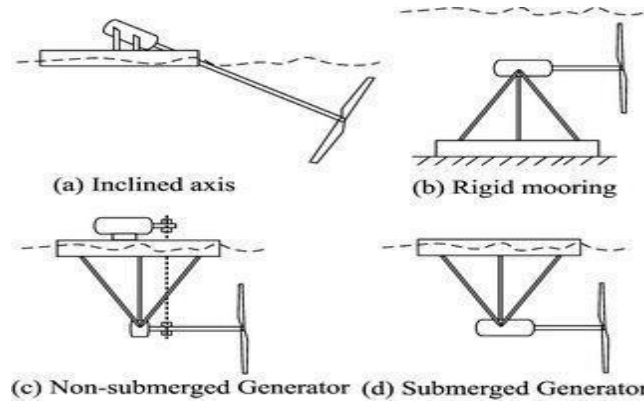
Turbin dengan struktur tambatan (*mooring*) padat membutuhkan sebuah generator yang ditempatkan di dekat sungai atau dasar laut. Rotor dengan sumbu horizontal dengan mekanisme tambatan apung memungkinkan generator tidak terendam untuk ditempatkan lebih dekat ke permukaan air. Berikut adalah gambar-gambar jenis turbin *axial flow* [18].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

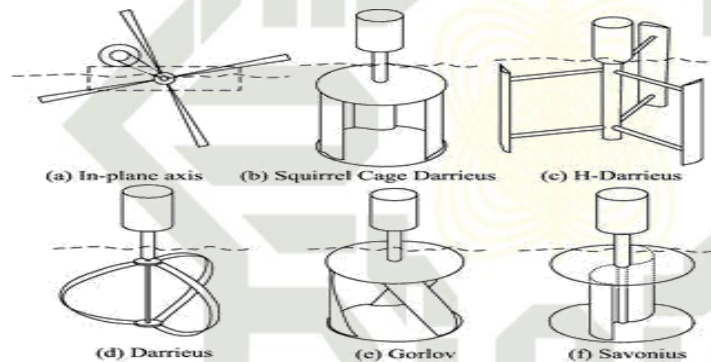
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, yang agak umum [18].
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.8 Jenis-jenis turbin Axial Flow [11].

Jenis turbin yang berikutnya adalah turbin cross flow. Turbin cross flow merupakan turbin yang dapat memutar searah bahkan dapat juga berputar dengan aliran fluida 2 arah sekalipun. Turbin jenis cross flow dapat dibagi lagi menjadi dua kelompok yaitu vertical axis (sumbu vertikal ke pesawat air) dan in-plane axis (sumbu pada bidang horizontal permukaan air). Turbin in-plane lebih dikenal sebagai kincir air mengambang. Besarnya pemakaian bahan adalah masalah lain untuk turbin tersebut. Berikut adalah gambar jenis-jenis turbin cross flow [18]:



Gambar 2.9 Jenis-jenis turbin Cross Flow [11].

Turbin *Darrieus* dengan *in-plane axis* sistem ini kurang umum dan bermasalah pada bantalan (*bearing*) dan *power take-off*. Pada sumbu vertikal, turbin *Darrieus* adalah pilihan yang paling sering dipilih, meskipun contoh *H-Darrieus* atau *Squirrel Cage Darrieus* (berbilah lurus) yang agak umum [18].

Turbin *The Gorlov* merupakan anggota lainnya dari *vertical axis*, di mana sudu yang memiliki struktur heliks. Turbin *Savonius* adalah jenis perangkat tarik, yang dapat terdiri dari pisau lurus atau miring. Turbin ini juga dapat diklasifikasikan berdasarkan angkat atau jenis tarik pisaunya, sampai orientasi aliran bawah rotor dan variabel (aktif atau pasif) mekanisme melempar pisau tetap. Berbagai jenis rotor juga dapat hibridisasi (seperti hybrid *Darrieus-*



(Savonius) untuk mencapai kinerja tertentu [18].

Dari aplikasi sudut pandang, turbin hydrokinetic dapat digunakan baik di sungai atau laut (pasang surut laut untuk konversi energi saat ini). Namun, ada beberapa perbedaan yang halus antara kedua bidang aplikasi. Turbin pasang surut biasanya lebih besar dalam ukuran (> 100 kW), sedangkan turbin sungai umumnya dalam kisaran 1 kW sampai 10 kW. Turbin Sungai beroperasi di bawah pengaruh berbagai aliran air volumetrik melalui subjek alur sungai berbagai faktor eksternal seperti, saluran potongan melintang, curah hujan, dan insiden buatan (seperti, transportasi, membuka bendungan hulu dll). Air sungai kurang padat dari air laut dan oleh karena itu memiliki kepadatan energi yang lebih rendah [18].

Dalam perancangan turbin air, hal yang paling penting dilakukan adalah menentukan diameter luar turbin. Perancangan didasarkan atas jarak antara sisi bagian atas turbin dan ujung saluran air dan juga jarak bagian bawah turbin dengan saluran air. Diameter juga dirancang dengan memperhatikan volume air yang ditampung oleh sudu [18].

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung diameter luar turbin dapat dihitung menggunakan rumus berikut [17]:

$$LD = 2,682 \frac{Q}{\sqrt{H_n}} \quad (2.7)$$

Dimana:

LD = Lebar luar turbin (m²)

Q = Debit air (m³/s)

H_n = Head bersih (m)

Untuk menentukan diameter dalam turbin (D₂) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [13]:

$$D_2 = \frac{2}{3} \times D \quad (2.8)$$

Dimana:

D₂ = Diameter dalam turbin (m)

D = Diameter luar turbin (m)

Untuk menentukan jarak antar sudu (t) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17]:

$$t = 0,174 \times D \quad (2.9)$$

Ketebalan pancaran pada nozzle dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17]:



$$S = 0,22 \times Q / (L \times \sqrt{(Hn)}) \quad (2.10)$$

S = Ketebalan pancaran pada nozzle (m)

Jari-jari kelengkungan sudu (ρ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17]:

$$\rho = 0,163 \times D \quad (2.11)$$

Jumlah sudu (n) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17]:

$$n = \frac{\pi \times D}{t} A \quad (2.12)$$

Untuk menentukan kecepatan putaran turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut

$$N_t = (60 \times u_i) / \pi \times D_0$$

$$U_i = 0,5 \times V_n \quad (2.13)$$

$$V = K_v (2 \times g \times H_n)^{0,5}$$

Dimana :

- n_t = Kecepatan putaran turbin (m/s)
- u_i = Kecepatan keliling sudu (m/s)
- V_n = Kecepatan air keluar pipa (m/s)
- K_v = Koefisien aliran fluida (0,9)
- H_n = Head bersih (m)
- D_0 = Diameter dalam turbin (m)

Daya yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [17]:

$$P_t = P_w \times n_t \quad (2.14)$$

Dimana :

- P_t Daya Turbin (Watt)
- P_w Daya Air (Watt)
- n_t Kecepatan putaran Turbin (rad/s)

Effisiensi turbin (η_t) dapat dihitung dengan persamaan berikut [17]:

$$\eta_{\text{turbin}} = P_{\text{turbin}} / P_{\text{air}} \times 100\% \quad (2.15)$$

Sistem Transmisi

Besarnya daya transmisi mekanis (P_{tm}) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$P_{tm} = P_t \times \eta_{tm} \quad (2.16)$$

Dimana :

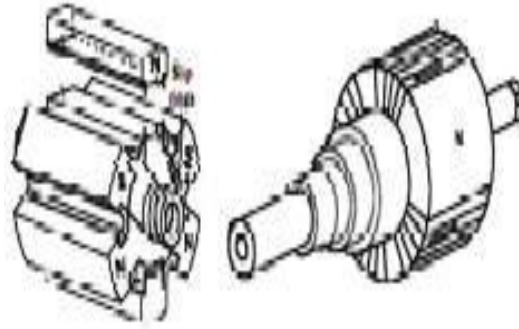
Pt = Daya Turbin (Watt)

$$\eta_{tm} = \text{Effisiensi transmisi mekanis}$$

Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan mesin listrik arus bolak balik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik bolak balik. Energi mekanik diperoleh dari penggerak mula (prime mover) yang terkopel dengan rotor generator sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang melibatkan kumparan rotor dan kumparan stator. Mesin listrik arus bolak-balik ini disebut sinkron karena rotor berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar [20].

Generator sinkron secara umum dapat diklarifikasikan berdasarkan bentuk rotornya yaitu generator turbo atau cylindrical-rotor generator dan salient pole generator. Generator yang digunakan pada pembangkit listrik yang besar biasanya merupakan jenis generator turbo yang beroperasi pada kecepatan tinggi dan dikopel dengan turbin gas dan uap. Sedangkan generator salient-pole biasanya digunakan untuk pembangkit listrik kecil dan menengah [20].



Gambar 2.10 *Salient-Pole Rotor* dan *cylindrica-rotor* [11].

Pada generator sinkron, arus searah dialiri pada kumparan rotor yang kemudian menghasilkan medan magnet rotor. Rotor dari generator akan diputar oleh prime mover, menghasilkan medan magnet putar didalam mesin. Pada stator generator juga terdapat kumparan. Medan magnet berputar menyebabkan medan magnet yang melingkupi kumparan stator berubah secara kontinu. Perubahan medan magnet secara kontinu ini menginduksikan tegangan pada kumparan stator. Tegangan induksi ini akan berbentuk sinusoidal dan besarnya bergantung pada kekuatan medan magnet serta kecepatan putaran dari rotor. Untuk membuat generator tiga fasa, pada stator di tempatkan tiga buah kumparan yang terpisah sejauh 120o satu sama lain, sehingga tegangan yang diinduksikan akan terpisah sejauh 120o satu sama lain pula [20].

Secara umum ada dua komponen utama penyusun generator sinkron yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian dari generator sinkron yang diam, tempat dimana tegangan induksi dibangkitkan. Sedangkan rotor merupakan bagian dari generator sinkron yang bergerak dan dialiri arus searah pada kumparannya. Pada stator terdapat beberapa komponen utama yaitu [20]:

Rangka Stator

Rangka luar yang biasanya terbuat dari baja yang berfungsi untuk menyokong struktur stator dan mempunyai kaki-kaki yang dipasang di bagian fondasi. Rangka stator ini dibuat kokoh untuk mengatasi perubahan beban secara tiba-tiba atau hubung singkat tiga fasa [20].

Inti Stator

Inti stator menyediakan jalur permeabilitas yang tinggi untuk proses magnetisasi. Inti stator dibuat berlaminasi untuk mengurangi rugi eddy-current dan juga rugi histeresis. Bahan-bahan non-magnetic atau penggunaan perisai fluks yang terbuat dari tembaga juga digunakan untuk mengurangi stray loss [20].



Slot

Merupakan tempat untuk meletakkan kumparan stator yang dibentuk dengan sistem beku-buku [20].

Kumparan Stator

Merupakan tempat terbentuknya tegangan induksi pada generator dan didesain untuk menghasilkan kutub-kutub elektromagnetik stator yang disinkron dengan kutub magnet rotor

Sedangkan pada bagian rotor terdapat tiga bagian utama yaitu:

Collector Ring atau Slip Ring

Collector ring merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor, tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Bagian ini merupakan bagian yang terhubung dengan sumber arus searah yang untuk selanjutnya dialirkan menuju kumparan rotor [20].

Kumparan Rotor

Kumparan rotor merupakan bagian yang dialiri arus searah sebagai sumber medan magnet melalui sistem eksitasi tertentu [20].

Poros

Poros merupakan tempat untuk meletakkan kumparan rotor dan merupakan bagian yang terkopel dengan dan diputar oleh primer mover [20].

Jenis generator yang digunakan pada hydrokinetic atau mikro hidro dapat berupa [20]:

- 2.4.1 Generator Sinkron, sistem eksitasi tanpa sikat (brushless) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (two bearing)
- 2.4.2 Induction Motor sebagai generator (IMAG) sumbu vertical.

Effisiensi generator secara umum adalah :

- Apkasi < 10 kVA effisiensi 0,7 – 0,8
- Apkasi 10 – 20 kVA effisiensi 0,8 – 0,85
- Apkasi 20 – 50 kVA effisiensi 0,85
- Apkasi 50 – 100 kVA effisiensi 0,85 – 0,9
- Apkasi \geq 100 kVA effisiensi 0,9 – 0,95

Dalam merancang sebuah turbin pembangkit listrik, yang perlu di perhatikan adalah besarnya putaran pada generator. Untuk mengukur besarnya putaran pada generator dapat dihitung dengan persamaan [20]:



$$n_g = (60 \times f) / p \quad (2.17)$$

Dimana :

f = frekwensi (50 hz)

p = jumlah kutub magnet pada generator

Untuk mengetahui daya generator dapat diketahui melalui persamaan [20]:

$$P_g = P_{tm} \times \eta_g \quad (2.18)$$

Dimana :

η_g = efisiensi generator

P_{tm} = daya transmisi mekanis

2.4.3 Hidrologi

Studi hidrologi ini dilakukan untuk mengetahui apakah debit air dan kecepatan aliran air yang tersedia mampu menggerakkan turbin sesuai dengan daya yang diinginkan. Studi ini dilakukan untuk mengetahui debit minimum yang mengalir pada sungai tersebut, debit air pada saat banjir untuk mengetahui visual batas banjir dan pengukuran debit air secara *timeseries* serta kecepatan aliran air yang tersedia [12].

1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung secara terus menerus tiada hentinya sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah dan lain-lain sehingga proses ini disebut penguapan (*evaporation*). Penguapan juga terjadi pada semua tanaman yang disebut transpirasi [12].

Dibumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3 – 1,4 miliar km^3 air dengan persentase 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% berada didarat sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Hanya 0,001 % berbentuk uap di udara. Air mengalami siklus mulai dari penguapan, presipitasi, dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan setelah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai air hujan atau salju ke permukaan laut dan daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi, sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan



menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah [12].

DAS (Daerah Aliran Sungai)

DAS (Daerah Aliran Sungai) merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam satu sungai yang dimaksud. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas tofografi yang berarti tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. Nama sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Dalam praktek, penetapan batas DAS ini sangat diperlukan untuk menetapkan batas-batas DAS yang akan di analisis [12].

DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan kesungai dan seterusnya kedanau atau ke laut. Komponen masukan dalam DAS adalah curah hujan, sedangkan keluarannya terdiri dari debit air dan sedimen. Konsep DAS merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi tersusun dari DAS-DAS kecil dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil sehingga dapat didefenisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*) [12].

3. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air akan selalu berubah setiap waktu. Dalam analisa hidrologi, data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja, mengingat hujan sangat bervariasi maka satu alat penakar hujan saja tidaklah cukup. Diperlukan data hujan di kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau di sekitar kawasan tersebut. Analisa hidrologi digunakan untuk mengetahui karakteristik hujan menganalisa hujan rancangan dan analisa debit rancangan. Penentuan curah hujan rata-rata maksimum suatu DAS dari beberapa stasiun dapat dihitung menggunakan beberapa metode yaitu: [12].

- a. Metode rata-rata aljabar



Merupakan metode yang sangat sederhana dalam perhitungan hujan. Metode ini berdasarkan asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi kawasan rata atau datar. Persamaan metode rata-rata aljabar dapat dilihat sebagai berikut [12]:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (2.19)$$

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata (mm)

R₁, R₂, R_n = Curah hujan yang tercatat di pos hujan 1, 2 dan n (mm)

n = Banyak pos penakar hujan

b. Metode *Polygon Thiessen*

Metode *polygon thiesen* atau metode rata-rata timbang. Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lain adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap mewakili kawasan terdekat. Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari stasiun-stasiun hujan yang bersangkutan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Metode ini lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar sehingga cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km². Persamaan metode *polygon thiessen* dapat dilihat sebagai berikut [12]:

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.20)$$

Dimana :

A₁, A₂, A_n = Luas daerah polygon 1, 2, dan n (km²)

c. Metode *Isohyet*

Metode *Isohyet* adalah garis lengkung yang merupakan harga curah hujan yang sama. Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan angka yang bulat. Metode ini berasumsi bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Persamaan metode *isohyet* ini dapat dilihat sebagai berikut [12]:

$$R = \frac{\sum_1^n \frac{A_1(R_1 + R_2) + 1}{2}}{\sum_1^n A_1} \quad (2.21)$$



4. Pengukuran Debit Secara Langsung

Debit merupakan jumlah air yang mengalir didalam saluran atau sungai perunit waktu. Metode umum yang diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air [12].

Sebelum mengukur berapa besar debit aliran sungai, terlebih dahulu menghitung Profil sungai dan kecepatan aliran sungai:

1. Pembuatan Profil Sungai

Dengan melakukan pengukuran profil sungai, maka luas penampang sungai dapat diketahui. Luas penampang sungai (A) merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air

2. Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran sungai pada satu penampang saluran tidak sama. Kecepatan aliran sungai ditentukan oleh bentuk aliran, geometri saluran dan faktor-faktor lainnya. Kecepatan aliran sungai diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap bagian penampang sungai tersebut. Idealnya, kecepatan aliran rata-rata diukur dengan mempergunakan *flow probe* atau *current meter*. Alat ini dapat mengetahui kecepatan aliran pada berbagai kedalaman penampang. Namun apabila alat tersebut tidak tersedia, kecepatan aliran dapat diukur dengan metode apung [12].

Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan dengan jalan mengapungkan suatu benda misalnya bola tennis, pada lintasan tertentu sampai dengan suatu titik yang telah diketahui jaraknya. Pengukuran dilakukan oleh tiga orang yang masing masing bertugas sebagai pelepas pengapung di titik awal, pengamat di titik akhir lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengapung dari awal sampai titik akhir [12].

Kecepatan yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan. Pada sungai dengan dasar yang kasar faktor koreksinya sebesar 0,75 dan pada dasar sungai yang halus faktor koreksinya 0,85, tetapi secara umum faktor koreksi yang dipergunakan adalah sebesar 0,65 [12].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3. Pengukuran Debit Secara Tidak Langsung

Pengukuran ini menetapkan debit banjir sungai secara tidak langsung yakni dari variasi curah hujan yang diamati dalam jangka waktu yang panjang pada daerah pengaliran. Untuk menentukan besar debit banjir dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode yaitu dengan metode *Melchior*, *Weduwen*, *Haspers*, *Rational Jepang* atau *Synthetic Unit Hydrograf* [12].

2.1.4 Topografi

Adapun studi topografi meliputi pengumpulan data dan informasi tentang :

- Keadaan kontur tanah.
- Letak terbaik untuk mendapatkan tempat yang memadai.

2.1.4.1 Perancangan Teknologi

Perancangan teknologi ini diterapkan untuk memilih jenis turbin dan komponen elektrik yang sesuai sehingga dapat memaksimalkan kinerja dari pembangkit yang bertujuan sebagai langkah atau cara mudah untuk efisiensi alat [11].

1. Pengukuran Bak Penenang

Dalam menentukan dimensi bak penenang, hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi tenggelamnya pipa pesat (S), sedangkan untuk lebarnya sendiri bisa disesuaikan dengan lebar saluran pembawa. Untuk mengukur kecepatan aliran dalam pipa (V_p), dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini [11]:

$$V_p = 0,125 \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.22)$$

Dimana :

- V_p : Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
 g : Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
 h : Head efektif yang digunakan (m)

Untuk mengukur diameter ekonomis pipa pesat (D_e) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [11]:

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_p}} \quad (2.23)$$

Dimana :

- D_e : Diameter ekonomis pipa pesat (m)
 Q : Debit air (m^3/s)



Sehingga tinggi tenggelamnya pipa pesat (S) dapat dihitung menggunakan persamaan [11]:

$$S = 0,54 \times V \times D_e^{0,5} \quad (2.24)$$

2.4.2 Perencanaan Pipa Pesat

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pipa pesat antara lain [11]:

Perhitungan kehilangan *head*

Kehilangan *head* terjadi disebabkan adanya gesekan (H_f) dan akibat belokan pipa pesat.

Untuk menghitung *head* akibat gesekan (H_f) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [11]:

$$H_f = \frac{10 \times n^2 \times Q^2}{D_e^{5,3}} \times L \quad (2.25)$$

Dimana :

n : Koefisien kekasaran permukaan plastik

L : Panjang pipa (m)

Rugi-rugi akibat belokan (H_b) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [11]:

$$H_b = K_b \frac{V_p^2}{2 \times g} \quad (2.26)$$

Kehilangan *head* akibat belokan total (H_{bt}) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [11]:

$$H_{b \text{ total}} = H_b \times \text{Jumlah Total Belokan} \quad (2.27)$$

Sehingga *head* bersih dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [11]:

$$H_n = H - (H_f + H_b) \quad (2.28)$$

6. Kapasitas Produksi

Kapasitas produk menjadi suatu tolak ukur dalam pencapaian target produksi, yang merupakan batas atas produksi yang dapat dicapai oleh suatu instalasi atau juga dapat diartikan sebagai batas atas beban yang dapat ditampung oleh suatu fasilitas hasil proyek. Besarnya



kapasitas produksi merupakan parameter penting yang dapat dipakai sebagai masukan dalam perhitungan aspek ekonomi-finansial pada studi kelayakan dan sebagai dasar untuk membuat desain *design-engineering* pada tahap-tahap berikutnya [15].

pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.1 Sel Surya

Sel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Kebanyakan panel surya yang biasanya digunakan untuk memproduksi listrik di pedesaan yang terdiri dari sejumlah sel surya individu. Sel surya berbentuk bulat, persegi atau beberapa bentuk lain. Setiap sel surya menghasilkan sekitar $\frac{1}{2}$ volt. Arus sel dapat menghasilkan jumlah pada sel surya dan tergantung ukuran, dengan menggunakan sel surya yang besar dapat memproduksi arus yang lebih besar. Setiap sel hanya menghasilkan sekitar $\frac{1}{2}$ volt, sel surya dapat dihubungkan secara seri untuk menghasilkan tegangan yang cukup tinggi untuk mengisi baterai 12 V.

Prinsip kerja sel surya adalah sebagai berikut: Cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan elektron yang bermuatan positif dan hole yang bermuatan negatif kemudian elektron dan hole mengalir membentuk arus listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip photoelectric. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari semikonduktor yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif: lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Karena sel surya ini mudah pecah dan berkarat sehingga sel ini dibuat dalam bentuk modul-modul dengan ukuran tertentu yang dilapisi plastik atau kaca bening yang kedap air yang dikenal dengan modul surya [20].

2.1.2 Jenis – Jenis Modul Surya

Monocrystalline

Jenis ini terbuat dari batangan kristal yang diiris tipis – tipis dan sel surya berasal dari satu induk batangan kristal, maka setiap potongan memiliki karakteristik yang identik dengan yang lainnya. Sehingga efisiensi monocrystalline mampu mencapai 15 – 20%, oleh karena itu harga monocrystalline lebih mahal dari pada polycrystalline. Monocrystalline menyerap panas lebih banyak dari polycrystalline, itu artinya suhu permukaan monocrystalline akan lebih tinggi dibandingkan dengan polycrystalline pada lingkungan yang sama. Semakin tinggi suhu crystal



silikon, semakin menurun kemampuannya. Pada suhu tinggi performa monocrystalline tidak

sebaik polycrystalline, artinya akan terjadi penurunan performa yang lebih banyak pada solar panel monocrystalline. Kelemahan dari sel surya tipe monocrystalline adalah potongan dari sel surya berupa segi 6, 8 atau bulat. Sehingga apabila disusun bersama sel surya yang lain akan membentuk ruang kosong. Tentu saja hal ini akan mengurangi kerapatan sel surya yang apabila disusun pada skala besar menimbulkan ruang sisa tidak berguna yang cukup banyak

Polycrystalline

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan yang umumnya berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikon polycrystalline tidak seinggi monocrystalline sehingga efisiensinya sekitar 13 – 16 %. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monocrystalline untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Akan tetapi dengan potongan yang berbentuk persegi, polycrystalline dapat disusun lebih rapat dari pada monocrystalline, sehingga mengurangi ruang – ruang kosong antar sel surya. Selain itu, Polycrystalline mempunyai toleransi terhadap suhu yang rendah. Sehingga, dalam performanya, Polycrystalline tidak menyerap panas dan suhu permukaan Polycrystalline tidak panas dan dapat tetap bekerja secara maksimal [21].

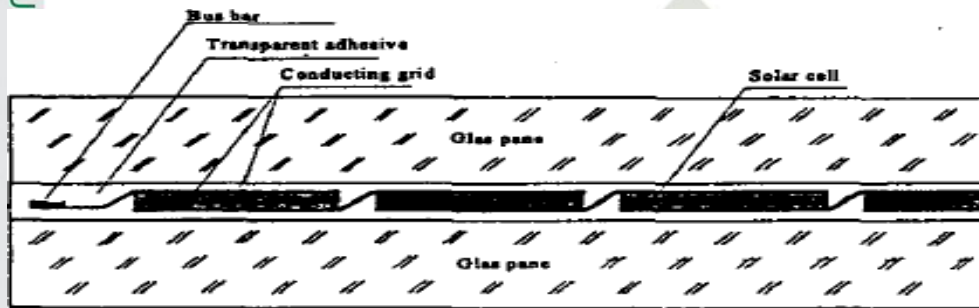
Thin Film

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silikon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar dari pada monocrystalline & polycristalline. Jenis sel surya ini mempunyai kerapatan atom yang rendah, sehingga mudah dibentuk dan dikembangkan ke berbagai macam ukuran dan potongan dan secara umum dapat diproduksi dengan biaya yang lebih murah. Sel surya ini dibuat dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis sehingga ringan dan fleksibel. Oleh sebab itu sering disebut juga sebagai TFPV (Thin Film Photovoltaic). Inovasi terbaru adalah Thin Film Triple Junction PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara [21].

Komponen PLTS

Satu sel surya silikon tunggal dengan luas permukaan sekitar 100 cm² menghasilkan arus dari 3 Ampere pada tegangan 0,5 Volt saat terpapar penuh sinar matahari saat modul photovoltaic pertama kali datang ke penggunaan terestrial, aplikasi yang paling umum adalah untuk mengisi 12Volt baterai timbal asam yang membutuhkan tegangan modul 13 sampai 15 Volt. Oleh karena itu modul photovoltaic khas yang terbuat dari silikon kristal terdiri dari 30 sampai 36 sel dihubungkan secara seri dengan kekuatan puncak sekitar 50 W [22].

Modul Photovoltaic



Gambar 2.11 cross – setion melalui modul [22].

Penampang melintang melalui modul di tampilkan gambar 2.6 lapisan atas modul transparan lapisan terluar, kaca penutup, melindungi struktur yang tersisa dari lingkungan. Ini membuat keluar air, uap air dan polutan gas yang bisa menyebabkan korosi dari sebuah sel jika di biarkan menembus modul selama penggunaan outdoor yang panjang. Penutup kaca sering mengeras (tempered) untuk melindungi sel dari hujan es atau kerusakan angin. Transparan perekat pemegang gelas ke sel. Sel itu sendiri biasanya ditutupi dengan anti reflektif (AR) lapisan. Beberapa produsen esa atau tekstur permukaan sel lebih jauh mengurangi sel itu sendiri biasanya ditutupi dengan anti reflektif pantulan [22].

Melalui sampul kaca, perangkat transparan dan lapisan AR, menembus ke semi konduktor di mana listrik setelah dihasilkan. Arus yang dihasilkan oleh cahaya yang mengalir keluar dari permukaan sel melalui jaringan logam disebut kotak depan. Untuk mengurangi kerugian resisten, maka grid logam menutupi bagian-bagiannya dari permukaan sel. Di samping itu, untuk menghalangi sebagian besar cahaya yang masuk ke dalam sel. harus dihindari di bagian bawah sel lapisan disebut kontak belakang dan merupakan lembaran dari logam yang berhubungan dengan bagian depan. Kontak membentuk jembatan ke sirkuit eksternal. Bagian



berakang modul ditutupi lapisan dari kaca. Sering kali bingkai aluminium atau bahan komposit memberikan modul diperlukan stabilitas mekanik untuk memasang cara yang berbeda [22].

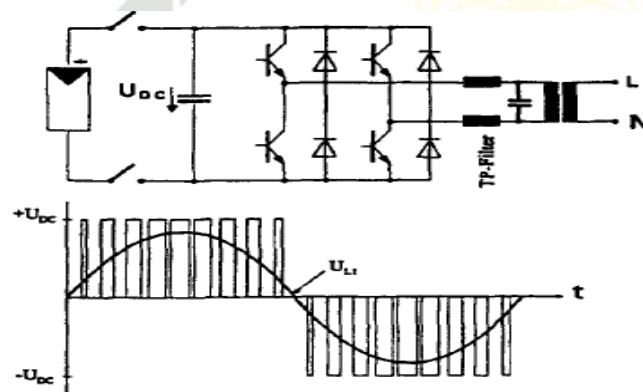
4. Inverter

Sebuah photovoltaic terlepas dari ukuran atau kecanggihannya, hanya bisa menghasilkan tenaga dari arus listrik (DC). Ada banyak aplikasi yang di mana DC sangat cocok untuk mengisi baterai, contohnya, bisa dengan mudah dilakukan secara langsung, menghubungkan dengan modul surya. Untungnya inverter diperlukan dalam sistem yang memasok tenaga untuk arus bolak-balik (AC) atau photovoltaic. Umpan listrik ke jaringan utilitas inverter mengubah output DC dari array atau baterai untuk daya AC standar yang serupa yang disediakan oleh utilitas. Inverter yang berkaitan dengan perangkat elektronik pada umumnya inverter ini dapat dibagi menjadi 2 kolom [22]:

Berdiri sendiri dan

utilitas inverter atau (terikat garis)

Kedua tipe tersebut memiliki beberapa kesamaan namun demikian berbeda dalam tata letak rangkaian kontrol [22].



Gambar 2.12 sirkuit inverter jembatan penuh[22].

5. Baterai

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik di mana di dalamnya berlangsung proses proses elektro kimia yang reversible, bagian di dalam baterai dapat berlangsung proses elektro kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian kembali). Baterai berfungsi sebagai tempat menyimpan tegangan dan arus listrik. Kapasitas baterai dalam satuan Ah. Ada berapa jenis baterai yang sering digunakan pada sistem tenaga listrik antara lain, yaitu baterai asam dengan kutub timah hitam dan baterai basa yang menggunakan Nikel candium sebagai kutub [22].



Desain Sistem Kelistrikan

Pada subbab ini, pembahasan yang diambil dari buku Carta mana dan Nui Tutohinga. Alone Power Sistem Part 2 New Zealand (AS-NS 4509-2).2010. Berikut penjelasannya:

Penilaian Permintaan Listrik

Informasi Diperlukan

Jumlah minimum informasi yang diperlukan untuk desain sebagai berikut:

beban desain energi (konsumsi energi harian).

maksimum AC dan DC permintaan.

permintaan lonjakan.

Dimana energi beban desain harian sesuai atau melebihi 1 kWh / hari, variasi musim permintaan energi harian rata-rata juga diperlukan. Informasi ini diambil dari daftar semua peralatan listrik yang merinci jenis persediaan (AC atau DC), konsumsi daya nyata dan nyata, waktu penggunaan dan permintaan lonjakan.

Pengukuran Efisiensi Energi Listrik

Pertimbangan harus diberikan untuk mengganti peralatan yang lebih efisien untuk mengurangi daya ukuran komponen sistem dan total biaya. Evaluasi manfaat ekonomi dari substitusi seperti itu, jika diperlukan, harus dilakukan dengan perbandingan biaya siklus hidup.

Ukuran Yang Direkomendasikan

Ukuran-ukuran yang direkomendasikan dalam kebanyakan keadaan sebagai berikut:

lampu efisiensi tinggi di tempat lampu pijar.

pendinginan yang efisien, terutama untuk tujuan khusus yang efisien DC frigeration.

koraksi faktor daya dari AC yang signifikan beban dengan faktor daya yang buruk.

Beban Stand-By

Banyak peralatan elektronik atau yang dikontrol secara elektronik mempertahankan kekuatan kecil konsumsi saat alat tidak beroperasi (yaitu saat siaga). Di mana beban ini dipasok dengan daya terus menerus, ini mungkin merupakan beban tambahan yang cukup besar. Ini harus diperhitungkan dalam pemilihan peralatan. Pengelolaan permintaan Manajemen permintaan dapat diterapkan untuk menurunkan permintaan maksimum dan mengurangi ukuran dan biaya komponen. Ini dapat diimplementasikan oleh pengguna sistem atau secara otomatis kontrol. Tingkat manajemen permintaan yang harus dilakukan tergantung pada sejumlah faktor termasuk ukuran dan waktu pemakaian dari muatan individu, batasan anggaran, dan sikap pengguna.



5.6.2 Mengestimasi Konsumsi Tarif Listrik

Golongan Tarif Listrik

Dalam menentukan tarif listrik suatu rumah, langkah pertama yang harus diketahui adalah golongan tarif listrik. Untuk golongan tarif tersebut banyak macamnya seperti 900 VA, 1.300 VA, 2.200 VA, 3.300 VA, 4.400 VA, 5.000 VA dan 6.600 VA. Listrik pedesaan Menggunakan 900 VA yang akan dikenakan tarif 1.352 kWh.

Cek Perabotan Yang Membutuhkan Listrik

Setelah ditentukan dua poin tersebut maka estimasi konsumsi tarif listrik sudah bias dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$\text{estimasi tarif listrik} = \text{jumlah unit} \times \text{daya} \times \text{durasi pemakaian} \quad (2.29)$$

1.4.7 Sistem Konfigurasi

Pada subbab ini, pembahasan yang diambil dari buku Carta mana dan Nui Tutohinga. Stand Alone Power Sistem Part 2 New Zealan (AS-NS 4509-2). 2010.

1. Pemilihan Generator

Dalam memilih sumber pembangkit, faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan:

Biaya terinstal dan biaya pemeliharaan.

Dampak lingkungan.

Preferensi pengguna lainnya.

Mengesampingkan peraturan atau batasan terkait penggunaan sumber daya atau pemasangan dari generator dan peralatan terkait.

Ukuran untuk pemuatan yang mencukupi.

2. Generator Energi Terbarukan

Dalam memilih generator energi terbarukan, faktor tambahan berikut harus diambil memperhitungkan:

Waktu dan biaya untuk memperoleh data sumber daya yang dapat diandalkan.

Ketersediaan sumber daya terbarukan berdasarkan data terukur atau perkiraan.

Korelasi dengan beban pada skala harian, mingguan dan musim.

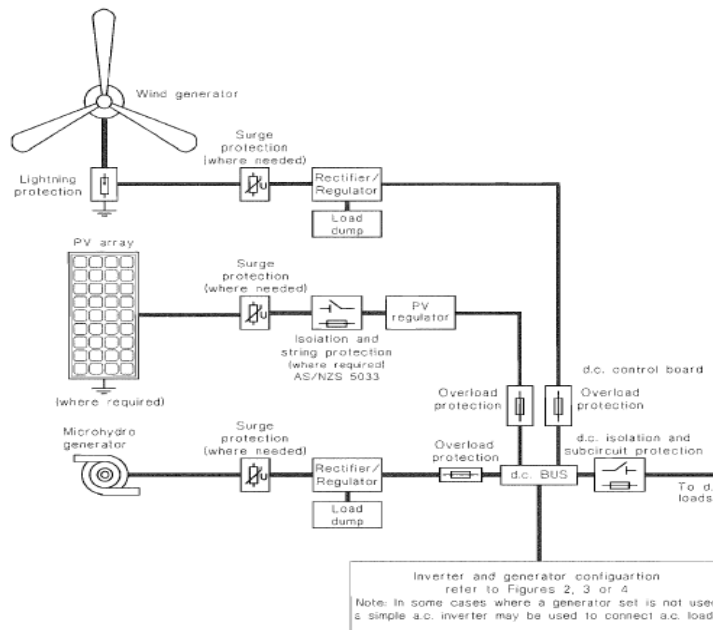
Di mana lebih dari satu generator energi terbarukan digunakan.

3. Hubungan Umum Generator



Di mana lebih dari satu generator digunakan, output generator dapat dihubungkan secara umum di AC atau bus DC. Di sistem bus DC sumber terbarukan umumnya terhubung 10 bus dan baterai melalui regulator individu. Beban DC kemudian dihubungkan 10 bus dan beban AC terhubung ke inverter yang dipasang dari bus DC.

Dalam sistem bus AC, inverter dua arah terhubung ke bank baterai membentuk bus AC. Sumber yang dapat diperbarui dalam konfigurasi ini kemudian terhubung melalui inverter individu ke bus AC. Sumber mempertimbangkan kebutuhan untuk penyimpanan menengah untuk digunakan pada saat-saat ketika sumber daya tidak tersedia harus dipertimbangkan dengan hati-hati.



Gambar 2.13 Dari Input Energi Dasar DC [24].

4. Menghasilkan Set

Menghasilkan set menghasilkan AC umumnya terhubung ke dalam sistem di salah satu dari tiga Cara, konfigurasi seri dan switshed hanya berlaku untuk sistem bus DC. Konfigurasi paralel berlaku untuk sistem bus AC dan DC.

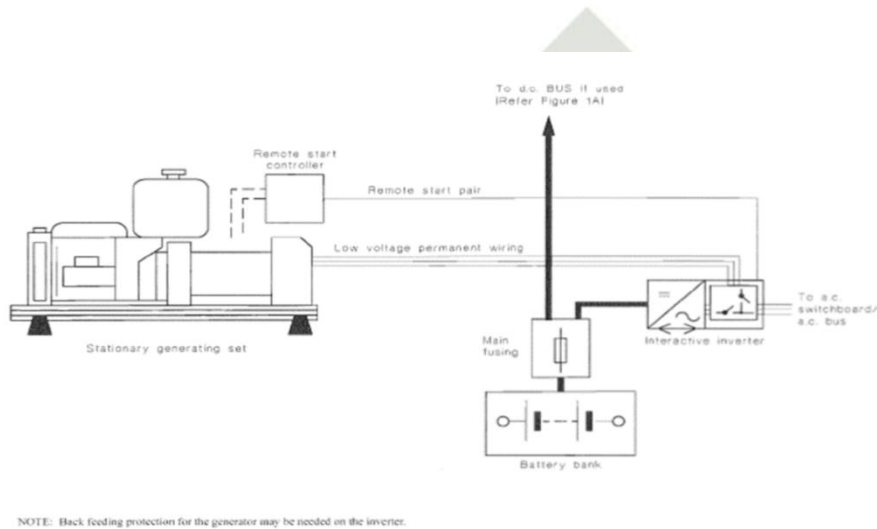
5. Konfigurasi Paralel

Konfigurasi ini berlaku untuk AC atau desain sistem bus DC. Fitur utama dari konfigurasi ini adalah lis dari inverter baterai interaktif, yaitu satu yang memungkinkan aliran daya bi-directional, dan yang mampu sinkronisasi, dan memasok daya AC sejajar dengan satu set pembangkit di bawah kendali inverter, menghubungkan disel ke AC. inverter output saat sistem



tersinkronkan dan generator harus on-line. Ketika perangkat pembangkit beroperasi secara paralel arah dan besarnya aliran daya melalui inverter pada setiap saat dikendalikan untuk memastikan pemutaran optimal atau mendekati optimal disel dan pengisian daya baterai dengan laju setinggi mungkin setiap saat memenuhi permintaan beban.

Konfigurasi ini memberikan pemanfaatan terbaik dari disel, dan kualitas tertinggi daya output (bentuk gelombang sinus, tanpa istirahat dalam tegangan suplai). Ini juga memungkinkan lisasangat mengurangi ukuran baterai.



Gambar 2.14 Konfigurasi paralel [24].

Perhitungan Spifikasi Umum

2.5.3.1 Design Load Energy (Etot)

Design load energy adalah kebutuhan energi listrik total yang harus di suplai dari pembangkit. Energi listrik yang disuplai harus memenuhi kebutuhan beban energi lirik harian, jika kehilangan energi sebelum sampai ke beban harus di perhitungkan. Kehilangan energi yang diperhitungkan di sini ialah pada inverter, sehingga suplai energi harus lebih besar dari kebutuhan energi beban. Untuk menghitung Design load energy dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_{tot} = E_{inv} \quad (2.29)$$

Keterangan

- E_{tot} = total kebutuhan energi harian (Wh)
- E = konsumsi energi listrik per hari (Wh)
- η_{inv} = efisiensi energi dari inverter



5.3.2 Sudut Kemiringan (*Fit Angle*)

Sudut kemiringan harus dipilih agar memaksimalkan produksi energi yang dapat dihasilkan array. Sudut optimum tergantung pada lintang situs, variasi radiasi sepanjang tahun, dan variasi output dari generator energi terbarukan jika ada.

Dengan *array photovoltaic* adalah satu-satunya generator energi terbarukan dalam sistem tenaga listrik. Tabel 2.7 menyediakan perkiraan pertama dari sudut optimum.

Tabel 2.3 approximate optimum fit angle Power photovoltaic sistem untuk array tetap [24].

Latitude	Dekat sudut kemiringan optimum		
	Tidak ada variasi beban permusim	Memuncak musim dingin	Beban memuncak musim panas
25°	Lat-Lat+5°	Lat+5°-Lat+15°	Lat-5°-Lat+5°
25-45°	Lat+5°-Lat+10°	Lat+10°-Lat+20°	Lat - Lat +10°

Irradiation On Tilted Plane (H_{tiSt})

Irradiation on tilted plane adalah radiasi yang diterima pada title angle modul photovoltaic yang digunakan.

Design Load Ah

Design load Ah adalah kebutuhan energi listrik dalam satuan Ampere hour (Ah) untuk menghitung Design load Ah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Design load Ah} = \frac{E_{tot}}{V_{dc}} \quad (2.30)$$

Keterangan:

- Design load Ah = kebutuhan energi listrik (Ah)
- E_{tot} = total kebutuhan energi harian (Wh)
- V_{dc} = nominal tenggan DC (V)

Required Array Output

Required array output adalah nominal daya yang harus disuplai oleh photovoltaic array (dalam satuan Ah) dengan memperhitungkan efisiensi baterai (η_{bat}). Untuk menghitung Required array output menggunakan persamaan sebagai berikut:



$$\text{Required array output} = \frac{\text{DecigenLoad} \times A}{\eta_{\text{bat}}} \quad (2.31)$$

Keperangan:

Design load Ah = kebutuhan energi listrik (Ah)

= efisiensi baterai

Daily Charge Output Per Module

Daily charge output per module adalah energi yang di hasilkan satu modul per hari

Keperangan:

Untuk menghitung *Daily charge output per module* Menggunakan persamaan sebagai

berikut:

$$\text{Daily charge output per module} = (1 - \text{toleransi pabrik}) \times I_{T,V} \times f_{\text{dirt}} \times H_{\text{tiSt}} \quad (2.32)$$

Keperangan:

$I_{T,V}$ = arus hubung singkat dibawah teperatur pada photovoltaic array yang digunakan

f_{dirt} = rerating factor debu

H_{tiSt} = Irradiation on tilted plane

Number of parallel strings required (NP)

Number of parallel strings required adalah jumlah modul photovoltaic yang akan dihubungkan secara paralel. Untuk menghitung Number of parallel strings required Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Daily charge output per module} = (1 - \text{toleransi pabrik}) \times I_{T,V} \times H_{\text{tiSt}} \quad (2.33)$$

Keperangan:

$I_{T,V}$ = arus hubung singkat dibawah teperatur pada photovoltaic array yang digunakan

f_{dirt} = rerating factor debu

H_{tiSt} = Irradiation on tilted plane

Number Of Series Modules Per String (Nc)

Number of series modules per string adalah jumlah modul photovoltaic yang akan di hubungkan secara seri. Untuk menghitung Number of series modules per string Menggunakan persamaan sebagai berikut:



$$N_p = \frac{\text{Required array output} \times f_o}{\text{daily } P_{\text{avg}} \times \text{output per module}} \quad (2.34)$$

Keterangan:

f_o = Oversupply co-efficient

Number Of Series Modules Per String (Nc)

Number of series modules per string adalah jumlah modul photovoltaic yang akan di hubungkan secara seri. Untuk menghitung Number of series modules per string Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_c = \frac{V_{dc}}{V_{oc}} \quad (2.35)$$

Keterangan:

V_{oc} = nominal tegangan modul

Total Number Of Modules In Array (N)

Total number of modules in array adalah total keseluruhan modul photovoltaic yang akan digunakan. Jumlah modul photovoltaic yang akan digunakan. Untuk menghitung Total number of modules in array Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = N_p \times N_c \quad (2.36)$$

Kapasitas Total Array (pV array)

Setelah didapatkan jumlah keseluruhan modul photovoltaic yang akan digunakan, maka kapasitas daya dari photovoltaic pada sistem pada pembangkit hibrida dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{v \text{ array}} = \text{jumlah modul photovoltaic} \times \text{daya per modul photovoltaic} \quad (2.37)$$

5.8.3 Nominal Tegangan Bus DC (v_{dc})

Nominal tegangan bus DC adalah sebagai referensi tegangan untuk setiap komponen yang akan terhubung ke jalur bus DC berdasarkan AS/ NZS 4509.2.2010 di tentukan di desainer sendiri.



Perhitungan Pembangkit Listrik PV

Dalam melakukan Perhitungan pembangkit listrik PV menggunakan rumus–rumus yang bersumber dari standar AS/NZS 4509.2:2010.

Perhitungan Kapasitas Photovoltaic Array

Daya (P) yang dihasilkan dari sel surya dihasilkan dari tegangan dan arus untuk karakteristik operasi tertentu.

$$P = V \times I \quad (2.38)$$

Keterangan:

P = daya (Watt)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

Setiap tegangan yang dihasilkan dari sepanjang garis kurva, hanya ada arus yang sesuai. Ini berarti, bahawa daya yang dihasilkan oleh panel juga akan bervariasi, tergantung pada tegangan yang beroperasi.

Daya yang dihasilkan oleh sel surya akan mencapai maksimum ketika resistansi internal dari sel sama dengan resistansi beban. Ini disebut dengan MPP atau P_{max} . Arus dan tegangan ini disebut dengan V_{mp} dan I_{mp} masing-masing. Hal terpenting adalah untuk memastikan bahwa sel surya beroperasi pada atau mendekati MPPT, jadi sistem PLTS harus mempunyai keluaran yang besar.

a. *Over Supply Co-Efficient* (f_o)

Di mana setiap data sumber bulanan atau bulan terburuk digunakan untuk energi terbarukan ukuran generator, ‘kelebihan pasokan yang efisiensi f_o ’ dapat digunakan dalam proses perencanaan untuk memungkinkan ukuran yang dibutuhkan. Untuk keperluan ukuran generator, beban desain harus dikalikan terlebih dahulu dengan kelebihan pasokan efisiensi f_o . *Typical* untuk efisiensi f_o diberikan masuk Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.4 Nilai – nilai tipikal untuk *coefficient over supply*

Jenis generator energi terbarukan	<i>coefficient over supply</i> efisiensi f_o
Array photovoltaic (seluruhnya atau terutama)	1.3 – 2.0



6. Irradiation On Tilted Plane (H_{tilt})

Irradiation on tilted plane adalah radiasi yang diterima pada *title angle* modul photovoltaic yang digunakan.

Design Load Ah

Design load Ah adalah kebutuhan energi listrik dalam satuan *Ampere hour* (Ah) untuk menghitung Design load Ah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Design\ load\ Ah = \frac{E_{tot}}{V_{dc}} \quad (2.39)$$

Keterangan:

Design load Ah = kebutuhan energi listrik (Ah)

E_{tot} = total kebutuhan energi harian (Wh)

V_{dc} = nominal teggan DC (V)

Required Array Output

Required array output adalah nominal daya yang harus disuplai oleh photovoltaic array (dalam satuan Ah) dengan memperhitungkan efisiensi baterai (η_{bat}).

Untuk menghitung Required array output menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Require\ Array\ Output = \frac{Design\ load\ Ah}{\eta_{bat}} \quad (2.40)$$

Keterangan:

Design load Ah = kebutuhan energi listrik (Ah)

η_{bat} = efisiensi baterai

Daily Charge Output Per Module

Daily charge output per module adalah energi yang di hasilkan satu modul per hari (dalam Ah). Untuk menghitung Daily charge output per module menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Daily\ charge\ output\ per\ module = (1 - \text{Toleransi pabrik}) \times I_{T,V} \times f_{dirt} \times H_{tilt} \quad (2.41)$$



Keterangan:

$I_{T,V}$ arus hubung singkat dibawah teperatur pada photovoltaic array yang digunakan

f_{dirt} derating factor debu

H_{tilt} Irradiation on tilted plane

N_p Number of parallel strings required

N_p Number of parallel strings required adalah jumlah modul photovoltaic yang akan dihubungkan secara paralel. Untuk menghitung N_p menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_p = \frac{\text{Required array output} \times f_o}{\text{Daily charge output per module}} \quad (2.42)$$

Keterangan:

f_o Oversupply co-efficient

N_s Number Of Series Modules Per String

N_s Number of series modules per string adalah jumlah modul photovoltaic yang akan di hubungkan secara seri. Untuk menghitung N_s menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_s = \frac{V_{dc}}{V_{oc}} \quad (2.43)$$

Keterangan:

V_{oc} nominal teggangan modul

N Total Number Of Modules In Array

N Total number of modules in array adalah total keseluruhan modul photovoltaic yang akan di gunakan. Jumlah modul photovoltaic yang akan digunakan. Untuk menghitung N menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = N_p \times N_s \quad (2.44)$$



1. Kapasitas Total Array ($P_{V \text{ array}}$)

Setelah didapatkan jumlah keseluruhan modul *photovoltaic* yang akan digunakan, maka kapasitas daya dari *photovoltaic* pada sistem pada pembangkit hibrida dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{Pv \text{ array}} = \text{jumlah modul } photovoltaic \times \text{daya per modul } photovoltaic \quad (2.45)$$

Perhitungan Kapasitas Battery

Design load Ah adalah kebutuhan energi listrik dalam satuan Ampere hour (Ah). Untuk menghitung daya dalam satuan amper menggunakan persamaan berikut:

$$O = \frac{E_{tot}}{V_{dc}} \quad (2.46)$$

Keterangan:

E_{tot} = Total kebutuhan harian (Wh)

V_{dc} = Tegangan inverter yang digunakan (V)

Target hari otonomi (T_{aut})

Target hari otonomi (T_{aut}) Merupakan target ketika operasi maksimum baterai tanpa masukan energi dari photovoltaic array dan generator sebelum melebihi DoD maksimum baterai. Berdasarkan standar AS/ NZS 4509.2.2010, untuk sistem hibrida menggunakan disel dengan kontrol otomatis dapat menggunakan waktu otonomi 2 sampai 3 hari. Dalam penelitian ini target waktu otonomi adalah selama 2 hari. Sehingga jika terjadi gangguan pada semua pembangkit, maka baterai mampu melayani beban selama 2 hari.

Maximum depth of discharge (DoD_{Nas})

Merupakan besarnya muatan listrik maksimum dari baterai yang akan di izinkan untuk digunakan. Sebagai contoh, penarikan muatan listrik sebesar 40 Ah dari baterai dengan kapasitas 100 Ah, maka ini bisa di katakan DoD sebesar 80%, sehingga dalam proses penarikan muatan listrik 20% di dalam setiap baterai, hal ini bertujuan untuk menjaga umur pakai baterai agar tahan lama.



Kapasitas baterai pada nominal battery discharge rate (Cs)

Menurut AS / NZS 4509.2.2010, pemilihan Cs harus di pertimbangkan dengan beban maksimum dan durasi beban. Discharge rate 100 jam cocok digunakan untuk kebutuhan beban rendah dan discharge rate 20 jam cocok digunakan untuk beban yang tinggi. Dikarenakan beban puncak lebih besar dibandingkan beban rata-rata, maka dalam penelitian ini menggunakan kapasitas baterai discharge rate 20 jam (C20)

Faktor koreksi temperatur

Berdasarkan standar AS/ NZS 4509.2.2010, faktor koreksi temperatur untuk baterai dengan discharge rate 10 jam (C20) adalah sebesar 98 %

Kapasitas baterai yang diperlukan.

Besarnya kapasitas baterai yang diperlukan dalam sistem pembangkit listrik hybrid dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{kapasitas baterai} = \frac{Q \times T_{out}}{DoD_{max} \times \text{Faktor koreksi temperature}} \quad (2.47)$$

Baterai di hubungkan seri

Untuk perhitungan baterai di hubungkan seri dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{jumlah baterai di hubungkan seri} = \frac{V_{dc \text{ inverter}}}{V_{dc \text{ Baterai}}} \quad (2.48)$$

Baterai terhubung paralel

Untuk perhitungan baterai di hubungkan paralel dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{baterai terhubung paralel} = \frac{\text{kapasitas baterai diperlukan}}{\text{kapasitas baterai pada C20}} \quad (2.49)$$

Total jumlah baterai

Setelah di dapatkan jumlah baterai yang terhubung secara paralel dan seri maka dapat di hitung jumlah baterai dengan persamaan sebagai berikut:



$$\text{Total jumlah baterai} = \text{Baterai terhubung seri} \times \text{Baterai terhubung paralel} \quad (2.50)$$

Perhitungan Inverter

Untuk menentukan kapasitas inverter, disesuaikan dengan kebutuhan dari beban puncak. Untuk keamanan inverter ditambah 10% atau dikalikan 1,1 dari daya inverter yang sudah diperlukan. Sehingga kapasitas inverter dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas inverter} = \text{Peak load} \times 1,1 \quad (2.51)$$

Aspek Ekonomi

Total Net Present Cost (NPC) adalah nilai dari seluruh biaya yang dikeluarkan selama masa pakai, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan diperoleh selama masa pakai. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya O & M, biaya bahan bakar, denda emisi, dan biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Model ekonomi untuk simulasi HOMER menggunakan Net Present Cost (NPC) yang merupakan total biaya instalasi dan operasi sistem selama periode usia proyek (lifetime).

Total NPC dari sistem dihitung dengan persamaan:

$$C_{npc, tot} = \frac{C_{anntot}}{Cr_f, i_{Proj}} \quad (2.52)$$

Dimana C_{anntot} (annually cost) adalah total biaya tahunan (\$/tahun), i (interest) adalah tingkat bunga riil tahunan (%), R_{proj} adalah usia proyek (tahun), dan CRF (capital recovery factor) adalah faktor pemulihan modal, dengan persamaan :

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (2.53)$$

Dimana, i adalah tingkat bunga riil tahunan, dan N adalah tahun.

Hal ini diasumsikan bahwa semua harga meningkat pada tingkat yang sama. HOMER menggunakan tingkat bunga riil tahunan dari pada tingkat bunga nominal dalam perhitungan.



namun, tingkat bunga riil tahunan dapat diperoleh dari tingkat bunga nominal menggunakan

persamaan:

$$i = \frac{i'F - f}{1 + f} \quad (2.54)$$

Dimana i adalah tingkat bunga riil tahunan, i' adalah nominal tingkat suku bunga tahunan, dan f adalah tingkat inflasi tahunan.

Levelized Cost Of Energi (LCOE) adalah biaya rata-rata per kWh energi listrik yang dihasilkan oleh sistem. LCOE dihitung dengan membagi biaya tahunan menghasilkan listrik dengan total produksi, dengan persamaan berikut:

$$LCOE = \frac{C_{ann,tot}}{E_{cervere}} \quad (2.55)$$

Dengan $C_{ann,tot}$: Biaya total sistem tahunan (\$/tahun); $E_{prim,AC}$: Beban AC utama yang terpenuhi (kWh/tahun); $E_{prim,DC}$: Beban DC utama yang terpenuhi (kWh/tahun); E_{def} : Beban Deferable yang terpenuhi (kWh/tahun); dan $E_{grid\ sales}$: Total penjualan jaringan listrik (kWh/tahun).

HOMER

HOMER merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk optimal model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik. Homer juga salah satu program simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *Stand alone(off-grid)* maupun *grid connected* yang dapat terdiri dari kombinasi pembangkit listrik konvensional dan kombinasi pembangkit sumber energi terbarukan, baterai *bank*, *bidirectional converter* serta untuk melayani beban listrik maupun termal. Homer juga berfungsi untuk mempermudah model dalam merancang dan menganalisa berbagai macam aplikasi sistem tenaga listrik, baik yang terhubung ke *grid* maupun tidak. Homer mengizinkan kegunaan untuk membandingkan beberapa rancangan sistem yang berbeda berdasarkan faktor sumber daya alam, ekonomi (biaya) dan komponen prakata yang digunakan.

Adapun yang menjadimaskan pada HOMER antara lain:



a. *Load* / Beban, yaitu jumlah dan tahanan beban terukur yang akan dimasukkan kedalam input HOMER

b. *Component*, berisikan komponen - komponen yang akan digabungkan, Sehingga membentuk pembangkit listrik. Contohnya PV, turbin angin, generator, *inverter* dan baterai.

c. *Resource*, yaitu data dari intensitas matahari jumlah potensi air yang menjadi sumber untuk perangkat *hybrid*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Ditamlik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



UIN SUSKA RIAU



BAB III

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif. Adapun aspek kuantitatif pada penelitian ini yaitu pengumpulan data primer mengenai kebutuhan energi listrik harian dan beban puncak harian di desa DerasTajak dengan menggunakan teknik wawancara dan kuesioner.

2. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dimulai dengan pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi bersumber dari Dinas ESDM Riau dan studi literatur yang dilakukan berdasarkan data BPS Kabupaten Kampar. Jurnal ilmiah, buku, dan artikel yang terkait dengan topik penelitian juga menjadi bahan studi literatur dalam penelitian ini. Setelah menentukan lokasi penelitian, ada delapan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Setelah menentukan lokasi penelitian, ada delapan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Dimana delapan tahap tersebut, yaitu:

Tahap Perencanaan.

Pengumpulan data.

Studi potensi air.

Studi potensi energi surya.

Studi beban listrik.

Perhitungan matematis desain sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV.

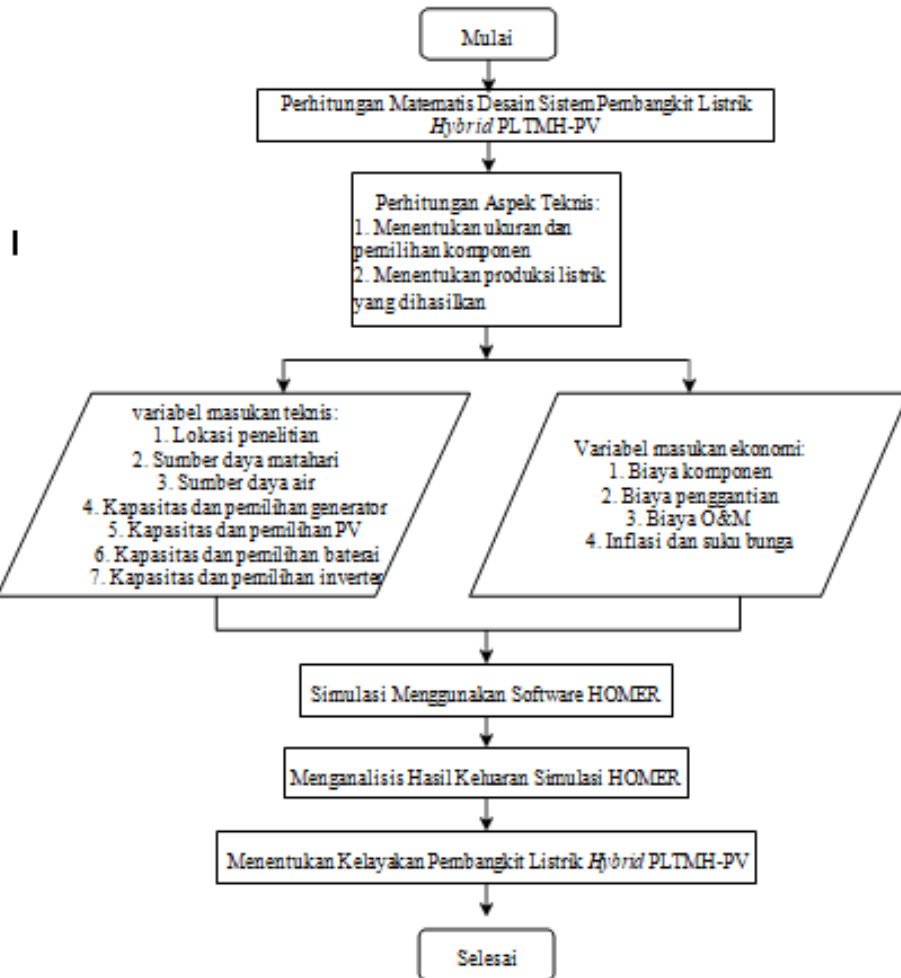
Analisis simulasi menggunakan software HOMER analisis teknis dan ekonomi.

Kesimpulan dan Saran.

dalam penelitian ini, analisis simulasi pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV perlu dilakukan secara manual sebagai upaya proses untuk menentukan nilai variabel masukan pada proses simulasi yang akan dilakukan. Dengan demikian, secara lebih rinci disajikan diagram alir analisa simulasi menggunakan HOMER pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV sebagai berikut:



hak cipta UINmuang-unaang



Gambar 3.1. Diagram alir perhitungan manual dan Simulasi.

Tahap Perencanaan

Untuk melaksanakan penelitian, tahap perencanaan merupakan hal yang utama untuk mempersiapkan agar semua hal teknis yang di laksanakan di desa Deras Tajak dapat dilakukan dengan jelas dan untuk mempermudah penelitian sesuai rencana. Adapun perencanaan yang disusun dalam penelitian ini yaitu:

a. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah yang diangkat sebagai latar belakang dalam penelitian ini. Adapun masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah tidak ada pasokan listrik dari PLN (ERSERO) dan besarnya biaya mengoperasikan pembangkit sendiri seperti genset di desa Deras Tajak. Sedangkan di sisi lain, potensi energi primer dalam hal energi



terbarukan adalah energi surya dan energi air yang tersedia di desa tersebut.

b. Penentuan judul

Pada penelitian ini judul yang diangkat berdasarkan permasalahan dan kerangka pikir dan sebuah solusi dari permasalahan yaitu **Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Hybrid PLTMH-PV Di desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar.**

c. Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan energi lokal yang ada untuk memenuhi kebutuhan listrik di desa DerasTajak, bagaimana skema PLTMH-PV yang memenuhi kebutuhan beban desa Deras Tajak, kemudian bagaimana analisis teknis dan ekonomi desain sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV di desa Deras Tajak?

d. Tujuan dan manfaat

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan sebuah desain sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV untuk mengatasi kekurangan energi listrik di desa Deras Tajak, merekomendasikan hasil skema sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV untuk memenuhi kebutuhan beban desa deras Tajak, menghasilkan analisis teknis dan ekonomi desain pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV desaderastajak.

3.4 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data sebagai nilai masukan pada perancangan pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV. Lokasi penelitian berada di desa Deras Tajak, Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar. Pemilihan lokasi ini dengan alasan sebagai berikut:

- a. Desa Deras Tajak belum terjangkau jaringan listrik utama dari PLN (Persero) sehingga tingkat kebutuhan masyarakat terhadap listrik cukup besar.
- b. Potensi Air dan energi surya yang merupakan sumber energi terbarukan dinilai bagus untuk dioptimalkan dalam memenuhi kebutuhan listrik desa Deras Tajak.

Pada penelitian ini, yang menjadi populasi adalah jumlah pengguna listrik di desa Deras Tajak. Untuk penarikan jumlah sampel menggunakan teknik probability sampling. Probability sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang



yang sama bagi setiap anggota populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel”. Dalam teknik

probability sampling terbagi beberapa teknik untuk menentukan jumlah sampel, dan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah teknik *Simple Random Sampling*. Dengan teknik ini pengambilan data dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam suatu populasi karena populasi dianggap homogen, dan jumlah sampel 1%-10% saja sudah cukup mewakili [25].

Dengan teknik ini pengambilan data dilakukan penulis menetapkan jumlah sampel sebesar 10 rumah tangga dari 96 rumah tangga untuk jumlah pengguna listrik desa Deras Talak. Adapun daftar beban listrik dan waktu penggunaan beban per hari hasil wawancara dan kuesioner di lapangan dapat dilihat pada Lampiran.

Data *primer* dan *sekunder* merupakan sumber-sumber data informasi yang dikumpulkan untuk menjadi dasar kesimpulan dari sebuah penelitian. Meskipun pada hakikatnya pengertian keduanya sama-sama merupakan sumber data, namun berbeda cara memperolehnya.

Beberapa data *primer* dan *sekunder* yang digunakan sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara, jejak pendapat dari individu atau kelompok (orang) maupun hasil observasi dari suatu objek, kejadian atau hasil pengujian (benda). Adapun data primer yang dibutuhkan dan sumber data pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data primer yang dibutuhkan dan sumber data

No.	Data yang Dibutuhkan	Sumber Data
1	Sumber penerangan saat ini, kapasitas terpasang, lama operasi, biaya penerangan per bulan, dan permasalahan penerangan saat ini.	Wawancara dan pengisian kuesioner kepada tiap KK dan fasilitas umum yang menjadi sampel penelitian.
2	Profil beban, yang meliputi: 1. Konsumsi energi listrik harian 2. Beban puncak harian	Wawancara dan pengisian kuesioner kepada tiap KK dan fasilitas umum yang menjadi sampel penelitian.



Tanggapan masyarakat terhadap perencanaan pembangkit	Wawancara dan pengisian kuesioner kepada tiap KK dan fasilitas umum yang menjadi sampel penelitian.
--	---

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dan sumber data pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Data sekunder yang dibutuhkan dan sumber data

No.	Data yang Dibutuhkan	Sumber Data
1.	Titik koordinat lokasi penelitian	BPS Kecamatan Kampar KiriHulu
2.	Potensi energi surya dan temperatur	<i>Surface meteorological and Solar Energy (SSE)</i> milik <i>National Aeronautics and Space Administration (NASA)</i> , Amerika Serikat.
3.	Potensi air sungai	Data Dinas Energi Sumber Daya Mineral (ESDM)
4.	Jumlah KK	BPS Kecamatan Kampar KiriHulu dan data dari kantor desa
5.	Harga dan spesifikasi komponen	Internet
6.	Discount rate dan inflasi	Bank Indonesia

3.5 Studi Potensi Air

Pengumpulan data ini dilakukan dengan pengambilan data potensi air untuk melakukan aspek teknis dan aspek ekonomi, sehingga data-data yang dibutuhkan yaitu data rata-rata kecepatan air, luas penampang saluran, debit air dan daerah aliran sungai. Seperti yang akan dijelaskan sebagai berikut:



1. Kecepatanaliran air

Berdasarkan pengambilan data di lapangan seperti panjang lintasan, waktu tempuh dan perhitungan kecepatan diperoleh menggunakan metode apung dimana metode ini merupakan metode yang konvensional sehingga lebih mudah untuk digunakan. Tentukan panjang lintasan kemudian batasi titik awal dan titik akhirnya. Panjang lintasan harus tetap kecepatan air pada titik tersebut dapat dihitung dengan maksimal, sehingga pada panjang lintasan yang akan digunakan yaitu 4 meter. Dalam penggunaan metode ini terdapat 7 titik pengukuran dimana dalam melakukan pengukuran harus dibagi beberapa segmen minimal 3 segmen karena kecepatan dan kedalaman air tidak sama. Contoh data dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Kecepatan Air

Panjang Lintasan [L] (m)	Waktu Tempuh [t] (s)	Perhitungan Kecepatan [v = L/t] (m/s)
4		
Jumlah		
Rata-rata		

Pada metode profil sungai (*cross section*), kecepatan yang diperoleh merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan, dimana pada sungai dengan dasar yang kasar memiliki faktor koreksi sebesar 0,75 sedangkan koefisien aliran dengan dasar sungai yang halus yaitu sebesar 0,85 akan tetapi, secara umum Koefisien aliran (C) yang digunakan adalah sebesar 0,6. Sehingga kecepatannya dapat di cari dengan Menggunakan persamaan (2.1) yaitu:



$$V_{\text{aliran sungai}} = V_{\text{rata-rata}} \times C_{\text{aliran}}$$

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Diselenggarakan oleh UIN Suska Riau

UIN Suska Riau

UIN Suska Riau

UIN Suska Riau

UIN Suska Riau

UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

$V_{\text{aliran sungai}}$ = Kecepatan aliran air (m/s)
 $V_{\text{rata-rata}}$ = Kecepatan aliran rata-rata (m/s)
 C_{aliran} = Koefisien aliran

Tabel 3.4 Kecepatan aliran [1].

Velocity Flow				4 Meter
V1	V2	V3	V4	V5
0,62	0,6	0,71	0,6	0,65
Kecepatan rata rata				0,64 m/s

Untuk kedalaman sungai penulis menggunakan data sekunder dikarenakan data primer hanya dilakukan pengukuran pada satu hari saja sedangkan data sekunder yang didapat dari dinas ESDM merupakan data hasil pengukuran rata-rata selama setahun sehingga dianggap data tersebut yang lebih valid. Untuk mendapatkan debit air, terlebih dahulu harus mengetahui kedalaman sungai yang ada di desa Deras Tajak, data dapat kita lihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 pengukuran kedalaman aliran [1].

Lebar Sungai				4 Meter
h1	h2	h3	h4	h5
Kedalaman rata rata				
Luas penampang sungai				
Koefisien Aliran (C)				
Debit Air				

Setelah melakukan perhitungan menggunakan data yang didapat, sehingga debit air (Q) dapat diketahui sebesar $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$. Berdasarkan data dari dinas ESDM, *head gross* pada sungai Manggis desa Deras Tajak dapat kita hitung menggunakan persamaan berikut:



$$head\ gross = tinggi\ bendungan - h_{rata-rata}$$

Studi Potensi Energi Surya

Pada tahap penelitian ini mengambil titik koordinat di desa Deras Tajak, Kampar Kiri dengan menggunakan Google Earth atau bisa dilihat di BPS Kecamatan Kampar Kiri. Dan untuk mengambil potensi radiasi matahari dari titik koordinat diambil dari data yang diambil rata-rata radiasi tahunan dan jumlah radiasi terburuk. (Kw/N2/hari) Studi potensi radiasi matahari dilakukan untuk mengetahui berapa kapasitas PV array yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban.

Studi Beban Listrik

Pada tahap ini akan dilakukan wawancara dan pengisian kuisioner secara langsung ke beberapa rumah tangga yang menjadi sampel penelitian. Tujuan dari studi beban adalah untuk mendapatkan konsumsi beban harian dan beban puncak. Tujuan mendapatkan beban harian dan beban puncak adalah untuk menentukan kapasitas generator Air, PV, inverter dan baterai yang akan dibutuhkan. Dalam studi beban ini akan dilakukan dua tahap, yaitu:

1. Membuat daftar beban listrik

Pada tahap ini akan dibuat sebuah spreadsheet, kemudian data hasil wawancara dan kuisioner akan disusun kedalam Spreadsheet tersebut sesuai jenis dan jumlah beban, rating daya beban, dan waktu beban digunakan per hari (dapat dilihat pada lampiran)

2. Pembuatan profil beban

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan menggunakan spreadsheet yang telah dibuat untuk mendapatkan konsumsi energi harian dengan mengalikan rating daya beban dengan durasi penggunaan. Setelah itu akan dibuat tabel urutan beban berdasarkan waktu penggunaan, kemudian dari urutan tersebut akan dihitung berapa total beban yang hidup bersamaan setiap jam selama durasi 24 jam untuk mendapatkan beban puncak harian.

3.7.1 Menentukan Spesifikasi Umum Pembangkit Listrik Hybrid

Dalam menentukan spesifikasi umum pembangkit yang akan digunakan, berdasarkan standar AS/NZS 4509.2:2010 tentang stand alone power system perlu menentukan beberapa hal berikut:



a.

Efisiensi inverter yang digunakan

b.

Design load energy

c.

Menentukan tegangan bus DC

d.

Menentukan sudut kemiringan PV

e.

Menentukan konfigurasi sistem yang akan digunakan

Tujuan dari tahap ini adalah agar menghasilkan sebuah sistem pembangkit listrik yang sesuai dengan standar AS/NZS 4509.2:2010.

Perhitungan Matematis Desain Sistem Pembangkit Listrik Hybrid PLTMH-PV

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan daya pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV secara manual yang kemudian hasil perhitungan secara manual ini akan menjadi inputan untuk simulasi menggunakan software HOMER.

Simulasi Menggunakan HOMER

Software HOMER untuk menganalisa sistem pembangkit secara teknis dan menganalisa dari aspek ekonomi. sehingga pada tahapan ini akan dilakukan lanjutan dari tahap desain sistem sebelumnya, di mana variabel perhitungan berdasarkan standar AS/NZS 4509.2.2010 dan jumlah potensi biogas dalam tiap bulannya akan digunakan sebagai input pada Homer untuk di simulasikan. Tujuan dari tahap ini adalah: untuk mengetahui apakah sistem yang di desain sudah optimal, dan untuk mendapatkan hasil kinerja sistem secara teknis selama umur proyek, dan mendapatkan hasil perhitungan dari segi ekonomi selama umur proyek.

3.9.1 Tahap Simulasi Menggunakan Program HOMER

Untuk membuat sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV ini, digunakan software HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*). HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumberdaya terbarukan. Dengan HOMER, dapat diperoleh spesifikasi paling optimal dari sumber– sumber energi yang mungkin diterapkan. Kita harus memasukkan data beban, data sumberdaya air, sumber daya matahari dari daerah di mana kita akan membangun pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV (beban), data ekonomi, data *constraints*, *system control inputs*, data emisidan data harga solar. Dari peta dapat di lihat



bahwa di daerah dekat pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV, banyak sekali pepohonan dan memiliki sungai yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik di desa Deras. Dari maka sumber energi yang dapat di pergunakan adalah mikrohidro dan sel surya (PV).

Setelah mendapatkan hasil simulasi, maka pada tahap ini akan dilakukan analisis sistem pembangkit listrik hybrid PLTMH-PV. Analisis yang akan dilakukan meliputi:

Analisis teknis

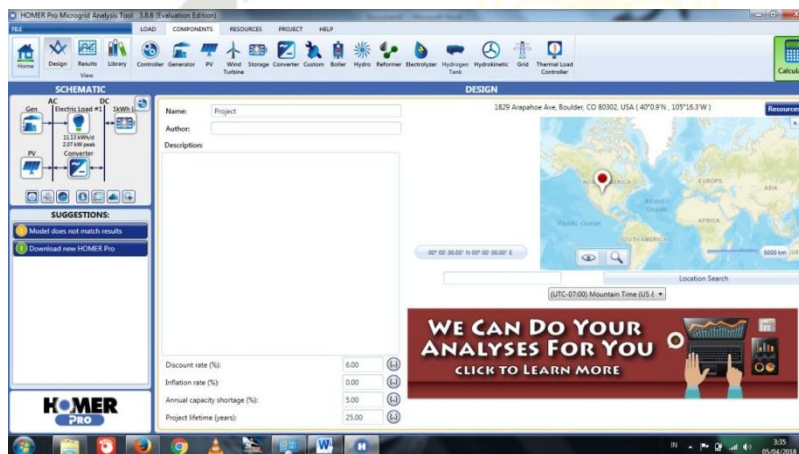
Menghitung ukuran komponen pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik dan kinerja komponen dan menganalisis kinerja komponen pembangkit yang telah di desain

Analisis ekonomi

Analisis Ekonomi, mencakup analisis biaya yang timbul selama umur proyek (total NPC), dan Biaya produksi listrik per kWh (LCOE).

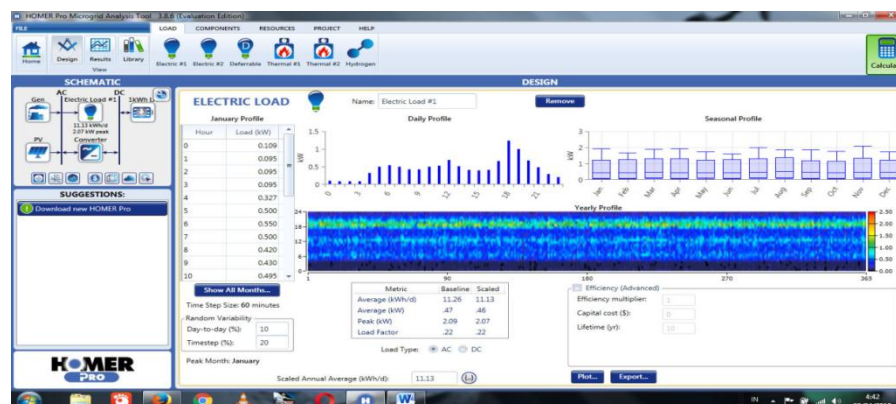
3.9.1.1 Pemilihan Lokasi

Untuk dapat melakukan desain pembangkit listrik hybrid pada software Homer, tahap pertama adalah Menentukan Lokasi desain yang akan dilakukan.



Gambar 3.2 Pemilihan Lokasi [26].

3.9.1.2 Menentukan Profil Beban



Gambar 3.3 Menentukan Beban Dan Melihat Hasil Beban [26].



Gambar 3.4 Potensi energi terbarukan [26].

3.9.1.4 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen ini bertujuan untuk menentukan jenis dan komponen yang digunakan untuk pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV, diantaranya sebagai berikut:

a. Pemilihan Jenis Turbin PLTMH

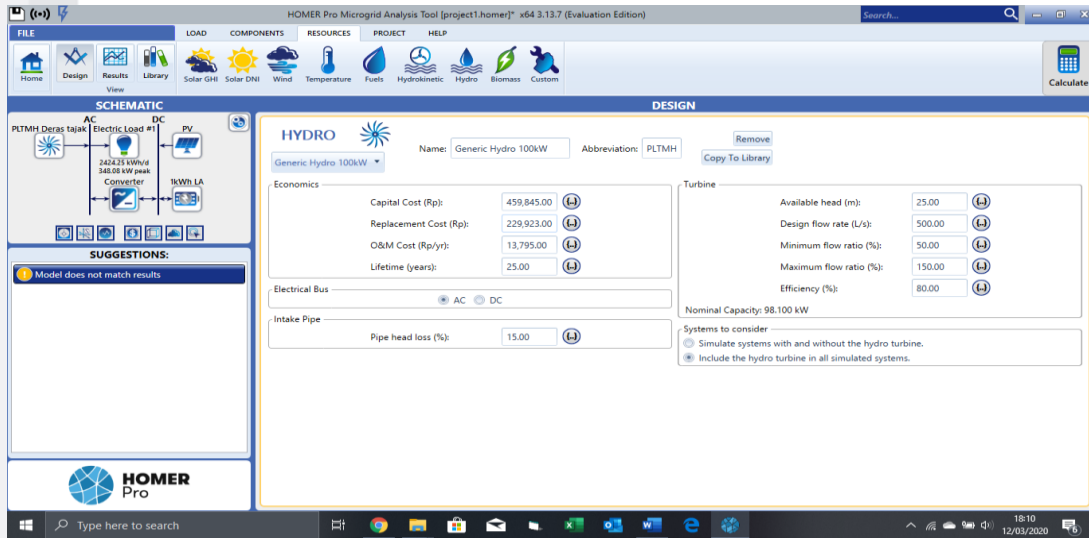
Pemilihan jenis turbin pada penelitian ini adalah menggunakan *type turbincrossflow* 60100.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

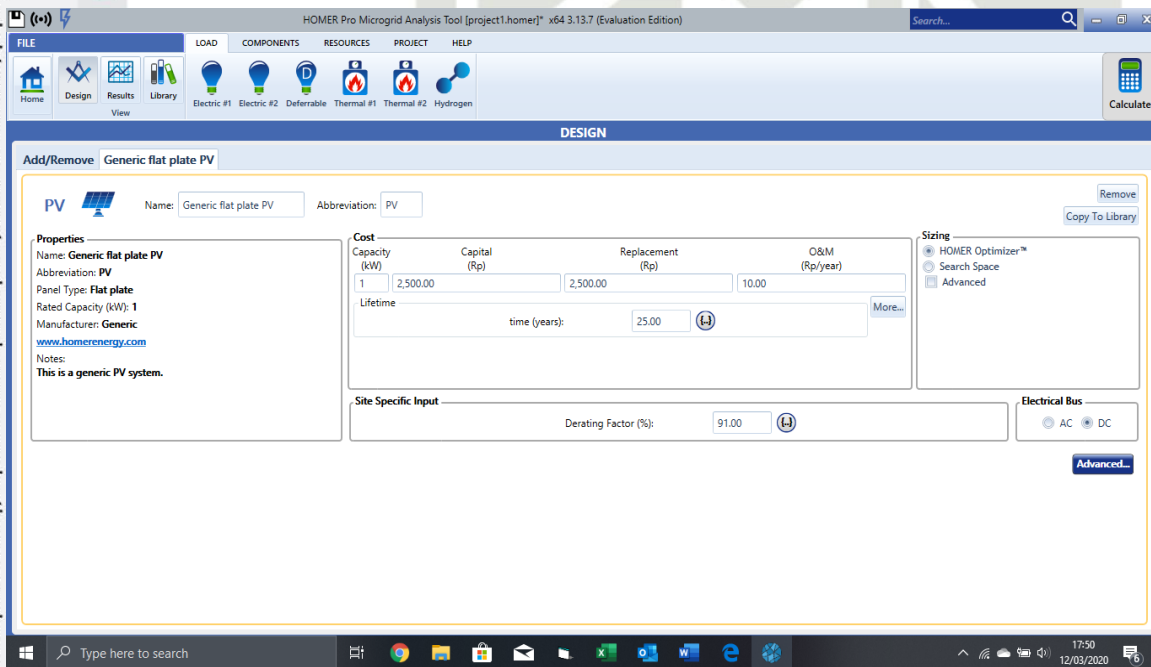
2. Dianggap mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.5 Jenis PLTMH [26].

b. Pemilihan Photovoltaic

Pemilihan photovoltaic dengan tipe generic flat plat PV dengan lifetime 25 tahun dan derating factor 91%.



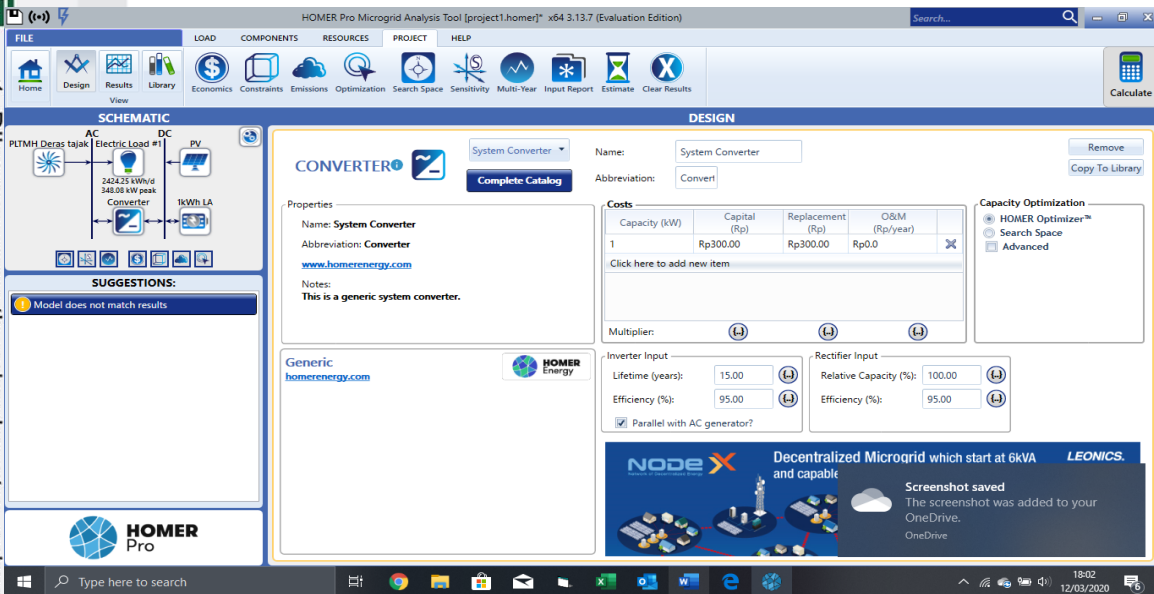
Gambar 3.6 Pemilihan Photovoltaic [26].

c. Pemilihan Inverter

Pemilihan inverter dalam perancangan ini menggunakan tipe sistem inverter paralel (bi-directional).



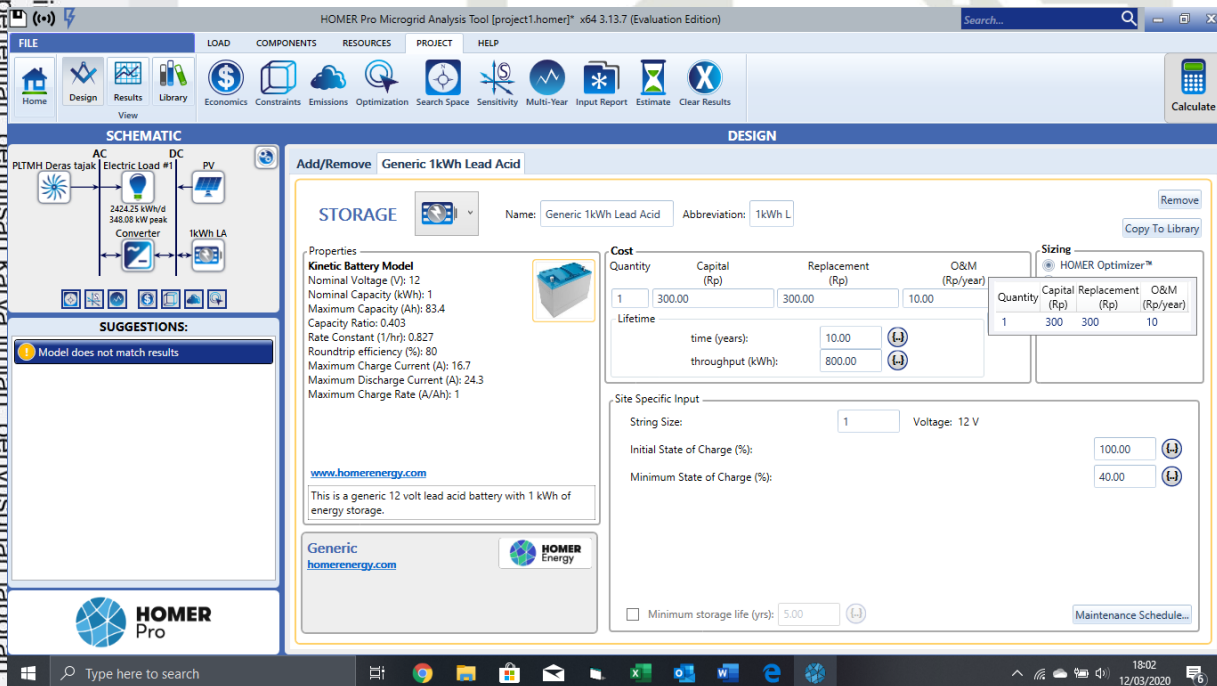
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.7 Pemilihan Inverter[26].

d. Pemilihan Baterai

Pemilihan baterai pada gambar 3.8 adalah pemilihan baterai dengan ukuran 2V.



Gambar 3.8 Pemilihan Baterai[26].



Analisis Kelayakan

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Analisis kelayakan adalah tahap akhir dari penelitian ini, di mana pada tahap ini akan memberikan kesimpulan apakah sistem yang direncanakan layak untuk dibangun berdasarkan pertimbangan teknis (suplai listrik kontinyu selama umur proyek) dan ekonomi berdasarkan perbandingan LCOE sistem yang direncanakan dengan LCOE genset pribadi milik masyarakat saat ini, juga kesanggupan masyarakat setempat membayar listrik dari hasil wawancara dan kuesioner.



UIN SUSKA RIAU



BAB V PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut:

Desain pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV yang optimal hasil Perhitungan secara teoritis terdiri dari PV *array* berkapasitas 24,48 kWp, inverter 25 kW, 120 unit baterai berkapasitas pada C_{20} 1.547 Ah dengan tegangan per unit 2 volt, dan generator PLTMH berkapasitas 5 kW.

Sistem pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV yang didesain mampu melayani kebutuhan beban secara kontinyu selama 20 tahun dengan produksi energi listrik di tahun pertama sebesar 45.470 kWh/tahun dan pada tahun ke 20 sebesar 42.334 kWh/tahun dengan kelebihan energi mencapai 5,02% dari total produksi atau sebesar 2.125 kWh/tahun.

Berdasarkan hasil simulasi HOMER pembangunan pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV di Desa Deras Tajak memerlukan investasi awal sebesar Rp. 2.829.924.800 dan untuk total biaya selama umur proyek 20 tahun sebesar Rp. 3.319.255.031. Biaya produksi listrik (LCOE) pembangkit listrik *hybrid* PLTMH-PV yang direncanakan lebih murah dari biaya LCOE Genset pribadi milik masyarakat Desa Deras Tajak saat ini, yaitu Rp. 7.946/kWh. . jauh lebih murah dibandingkan dengan harga bensin di desa Deras Tajak sebesar Rp. 9.000/liter. Biaya pembelian BBM untuk operasional genset selama satu bulan sekitar Rp. 1.620.000. Dengan penghasilan rata-rata Rp. 1.167.000/bulan, pengeluaran untuk listrik 1.620.000/bulan yang sangat memberatkan warga setempat.

UIN SUSKA RIAU



Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang ingin disampaikan sebagai berikut:

Adapun beberapa saran yang perlu dipertimbangkan untuk peneliti selanjutnya yaitu:

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perancangan pembangkit listrik *hybrid* Biogas-PV.

Penelitian selanjutnya disarankan dapat melakukan penelitiannya hingga menjadi sebuah dokumen proyek.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

